

# AUTOKLAAVIN SYÖTTÖPUMPPUJEN LOGIIKKAMUUTOKSEN SUUNNITTELU

Lahtela Jaakko

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikka ja liikenne  
Sähkötekniikka  
Insinööri AMK

---

<b>Tekijä</b>	Jaakko Lahtela	Vuosi	2016
<b>Ohjaajat</b>	DI, Matti Paaso		
<b>Toimeksiantaja</b>	Vanhempi automaatioinsinööri, Harri Tikkala		
<b>Työn nimi</b>	Agnico Eagle Finland Oy Autoklaavin syöttöpumppujen logiikkamuutoksen suunnittelu		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	57 + 20		

---

Opinnäytetyö tehtiin Agnico Eagle Finland Oy:lle Kittilän kultakaivoksen rikastamolle. Työn aiheena oli autoklaavin syöttöpumppuina toimivien Weir Mineral-sin valmistamien GEHO-mäntäkalvopumppujen logiikkamuutoksen suunnittelu.

Opinnäytetyössä paneuduttiin GEHO-pumpun toimintaan ja pumpun sisältämään laitteistoon ja instrumentointiin. Lisäksi esiteltiin rikastamolla käytössä olevia automaatiolaitteiston komponentteja.

Työn tutkimisessa käytettiin kattavaa pumpun valmistajan dokumentaatiota, joka mahdollisti pumpun toimintaan perehtymisen. Lisäksi käytettiin laitevalmistajien manuaaleja ja sähkö-automaatioalan kirjallisuutta.

Työn loppupuolella on selostettu logiikkamuutoksen suunnittelutyö. Logiikkamuutos sisältää selvitystyötä, sekä piiri- ja sovellussuunnittelua. Suunnittelutyön tuloksina saatiin tarvittava dokumentaatio ja logiikkasovellus logiikkamuutoksen suorittamista varten. Dokumentaatio sisältää purkukuvat vanhojen asennusten purkamiseksi, sekä piirikaaviot, layout-kuvat ja työohjeet uuden asennuksen tekemiseksi. Sovellus sisältää pumpun ohjaussovelluksen logiikalle ja käyttöliittymän operointipaneelille.

Avainsanat	automaatiojärjestelmät, ohjelmistosuunnittelu, prosessinohjaus, pumppaamot, tietokoneavusteinen suunnittelu
------------	---

Industry and Natural Resources  
Electrical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Jaakko Lahtela	Year	2016
<b>Supervisor</b>	M.Sc (Tech.), Matti Paaso Senior Automation Engineer, Harri Tikkala		
<b>Commissioned by</b>	Agnico Eagle Finland Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Revision planning for logic controllers of autoclave feed pumps		
<b>Number of pages</b>	57 + 20		

---

The thesis was commissioned by Agnico Eagle Finland Oy Kittilä Mine's concentrator. The subject of thesis was planning a modification to programmable logic controller of GEHO piston diaphragm pumps, which work as autoclave feed pumps.

The thesis delves into how GEHO-pump works and what actuators and instruments it includes. It also presents automation components of Kittilä Mine's concentrator.

Studying the subject comprehensive documentation of the pump manufacturer was used, which made possible to study how a pump actually works. Equipment manuals and trade literature were also used in studying.

In the ending of the thesis the planning of logic controller modification is reported. Planning includes investigation as well as circuit and software engineering. As results of engineering were documentation and logic controller software which are needed to perform the planned modifications. Documentation includes wiring diagrams to dismantle old circuits and new wiring diagrams, layout-pictures and instruction to construct the new ones. The software includes software for the logic controller and the operator panel.

**Key words** automation controllers, PC assisted engineering, process control, pump stations, software engineering

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	8
2 AGNICO EAGLE FINLAND OY .....	9
3 GEHO-PUMPPU.....	11
3.1 Toiminta .....	11
3.1.1 Apulaitteet .....	13
3.1.2 Pumppaus .....	14
3.1.3 Kauko- ja paikallisojtaus.....	14
3.1.4 Potkurinesteen paineen säätö .....	14
3.1.5 Potkurinesteen määrän säätö.....	15
3.1.6 Automaattinen potkurinesteen tyhjennys.....	15
3.1.7 Hälytykset ja vikailmoitukset.....	15
3.2 Sähköiset instrumentit ja toimilaitteet.....	16
3.2.1 Painemittaukset.....	16
3.2.2 Lämpötilamittaus .....	17
3.2.3 Lähestymiskytkimet .....	18
3.2.4 Virtauskytkin .....	20
3.2.5 Pintakytkin.....	20
3.2.6 Suuntaventtiilit.....	21
3.2.7 Sähkömoottorit .....	22
4 VÄYLÄJÄRJESTELMÄT .....	23
4.1 Modbus TCP/IP.....	24
4.2 Profinet .....	25
5 MOOTTORIN OHJAUS .....	27
5.1 Taajuusmuuttajat .....	27
5.1.1 ABB ACS800 -erillistaajuusmuuttajat .....	28
5.1.2 ABB ACS880 -erillistaajuusmuuttajat .....	29
5.2 Älykkäät moottorilähdöt.....	29
5.2.1 Siemens Simocode pro V .....	30
5.2.2 ABB UMC .....	31
6 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ JA LOGIIKKA.....	32

6.1	Järjestelmän ja logiikan ominaisuudet .....	32
6.2	ABB AC500 -logiikka.....	33
7	LOGIIKKAMUUTOKSEN SUUNNITTELU .....	34
7.1	Muutosten tavoitteet.....	34
7.2	Laitteiden valinta .....	35
7.2.1	Logiikka .....	35
7.2.2	Operointipaneeli .....	36
7.2.3	Väylät .....	37
7.2.4	Taajuusmuuttaja.....	37
7.2.5	Älykäs moottorilähtö .....	37
7.2.6	Muut laitteet.....	38
7.3	Piiri- ja layout-suunnittelu.....	38
7.4	Positiointi .....	40
7.5	Sovellussuunnittelu .....	41
7.5.1	Konfigurointi .....	41
7.5.2	Ohjelmointiympäristö.....	42
7.5.3	Potkurinestepumppu .....	42
7.5.4	Voiteluöljypumppu .....	42
7.5.5	Mäntäpumppu .....	42
7.5.6	Venttiilien ohjaukset .....	43
7.5.7	Mittaukset.....	43
7.5.8	Automaattinen tyhjennyssekvenssi .....	44
7.5.9	Väyläohjaustoiminnot .....	45
7.5.10	Käyttöliittymä.....	48
7.6	Taajuusmuuttajan ja Simocode-releiden parametointi.....	51
8	TESTIYMPÄRISTÖ .....	52
9	POHDINTA .....	53
	LÄHTEET.....	54
	LIITTEET.....	57

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyöni toimeksiantajaa Agnico Eagle Finland Oy:tä, toimeksiantajan työpaikkaohjaajaa Harri Tikkalaa, sekä opinnäytetyön ohjannutta opettajaa Matti Paasoa. Haluan myös kiittää teknisestä tuesta projektin aikana Janne Onkaloa Insinööritoimisto ASES Oy:stä.

Lisäksi haluan kiittää kaikkia läheisiä, jotka ovat tukeneet opinnäytetyöni onnistumista.

Kittilä 2.5.2016

Jaakko Lahtela

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CFC	Toimilohkomuotoinen logiikan ohjelmointikieli
DTC	Direct Torque Control (suora momentinsäätö) (ABB 2016b, 1)
dwg	Cad-ohjelmien tiedostomuoto
GSD	Väylälaitteiden ominaisuudet sisältävä tiedosto (PI Organization 2016)
I/O	Tulot ja lähdöt (Input/Output)
PPO	(Parameter Process data Objects) kenttäväylissä käytettävä viestintäprotokolla (Danfoss 2016, 23, 28)

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Agnico Eagle Finland Oy:lle Kittilän kultakaivoksen rikastamolle. Työn aiheena on käytössä olevan Weir Mineralsin valmistaman GEHO-mäntäkalvopumpun ohjauslogiikan vaihtaminen muun käytössä olevan automaatiolaitteiston mukaiseksi. Työn tarkoituksena on tehdä selvitys, sekä suunnitella ja tuottaa tarvittava materiaali ohjausjärjestelmän muuttamiseksi. Pumpputjärjestelmään on suunniteltu myös turvalogiikalla toteutettavia turvatoimintoja. Turvatoimintojen suunnittelu on rajattu tämän työn ulkopuolelle. Turvatoiminnot on kuitenkin otettu huomioon laitteiden valinnassa ja piirisuunnittelussa. Suunnitellut muutokset pumpun ohjaukseen voidaan toteuttaa huoltoseisokissa.

Työn alussa käsitellään GEHO-pumpun toimintaprosessia ja instrumentointia, sekä kaivoksella käytössä olevaa automaatiolaitteistoa. Työn loppupuolella raportoidaan suunnitteluprosessi sisältäen komponenttien valinnan sekä piiri- ja sovellussuunnittelun.



## 2 AGNICO EAGLE FINLAND OY

Agnico Eagle Finland on kanadalaisen Agnico Eagle Mines Limited yhtiön tytäryhtiö. Agnico Eagle emoyhtiö on perustettu vuonna 1972 Agnico Mines ja Eagle Gold Mines kaivosyhtiöiden yhdistyttyä. Emoyhtiöllä on kaivoksia Suomen lisäksi Kanadassa ja Meksikossa ja se harjoittaa aktiivista malminetsintää Pohjoismaissa, Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Meksikossa. Agnico Eagle on yksi maailman suurimmista kultakaivosyhtiöistä. (Agnico Eagle Finland Oy 2016.)

Kittilän Kiistalassa on maanalainen kultakaivos ja rikastamo, jonka lopputuote on valmis kultaharkko. Rikastamo näkyy kuvassa 1. Kaivos on perustettu vuonna 2008 ja tuotanto on saatu vakiinnutettua vuoteen 2010 mennessä. Vuonna 2010 maanalainen toiminta on aloitettu ja 2012 louhostoiminta siirretty kokonaan maan alle. Kittilän kultakaivos on Euroopan suurin kultakaivos. Malmia louhitaan vuosittain noin 1,4 miljoonaa tonnia. Vuotuinen kullantuotanto on noin 6 000 kg. Nykyisillä malmivaroilla ja tuotantomäärillä arvioitu toiminta-aika on vuoteen 2036 saakka. (Agnico Eagle Finland Oy 2016.)



Kuva 1. Kittilän kultakaivos (Agnico Eagle Finland Oy 2016)

Rikastamon rikastusprosessi on monimutkainen ja monivaiheinen. Malmia on maaperässä suuri esiintymä, mutta malmi on refraktorista eli se esiintyy hyvin pieninä sulkeumina sulfidimineraalirakeiden sisällä. Vain noin 4 % on näkyvää, vapaata kultaa. 96 % Kittilän kullasta on piilossa sulfidirakeiden sisällä arseenikiisussa ja arseenipitoisessa rikkikiisussa. Maaperässä on siis hyvin vähän niin sanottua valmista kultaa, koska kulta on sitoutuneena muihin aineisiin. (Agnico Eagle Finland Oy 2016.)

Rikastus sisältää seuraavat osaprosessit:

- murskaus ja jauhatus
- vaahdotus
- painehapetus
- liuotus
- elektrolyysi.

Lisäksi prosessi sisältää myös muita osakokonaisuuksia, kuten neutralointi, sekä hapen ja pastan valmistus. (Agnico Eagle Finland Oy 2016.)

### 3 GEHO-PUMPPU

#### 3.1 Toiminta

GEHO-pumppua käytetään Kittilän kultakaivoksen rikastusprosessissa autoklaavin syöttöpumppuna (Kuva 2). Se on autoklaavissa tapahtuvan painehapetusprosessin komponentti.

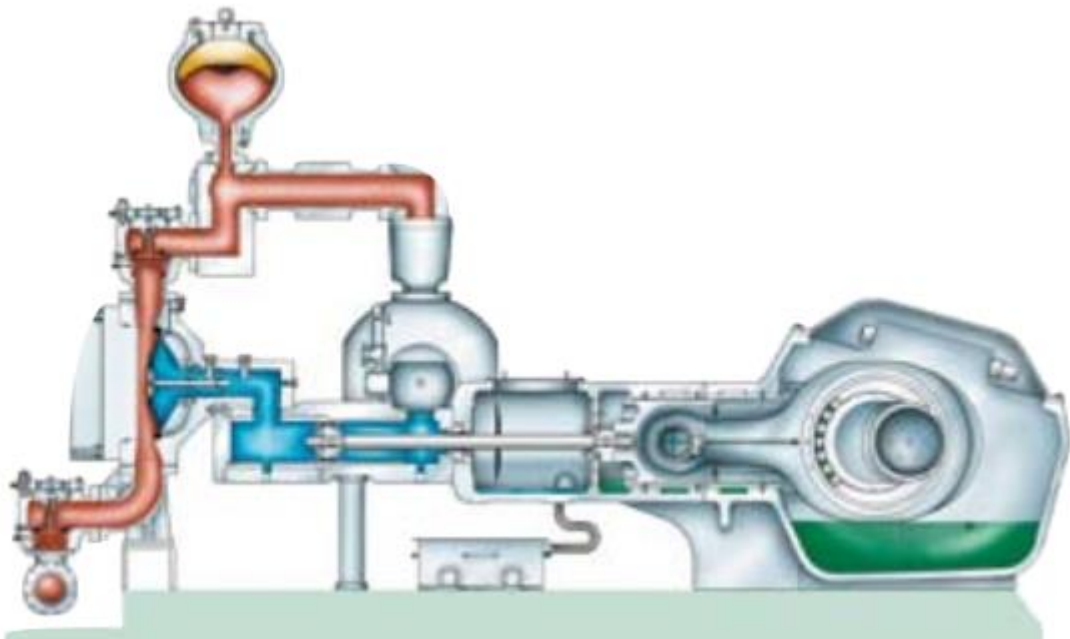


Kuva 2 Autoklaavin syöttöpumppu

Autoklaavi on suuri säiliö, jossa jo monta osaprosessia läpikäynyt sulfidirikaste hapetetaan korkeassa lämpötilassa ja paineessa. Hapen vaikutuksesta rikkipitoiset sulfidimineraalit palavat ja hajoavat ja niiden sisällä olevat kultahiukkaset paljastuvat. (Agnico Eagle Finland Oy 2016.)

GEHO-pumpulla syötetään sulfidirikasteliejua autoklaavin syöttösäiliöstä autoklaaviin.

GEHO-mäntäkalvopumppu on syrjäytyspumppu, jossa pumpattava aine on erotettu kaikista liikkuvista osista. Sitä käytetään kiinteää ainetta sisältävien nesteiden, kuten lietteiden pumppaamiseen. GEHO-pumpussa voima välitetään potkurinesteen avulla, ja neste eristetään pumpattavasta lietteestä kumisten kalvojen avulla. Näin estetään hankaavien ja kuluttavien aineiden kosketus liikkuviin ja kuluviin osiin. (Weir Minerals Netherlands 2008, 21.) Kuviossa 1 on läpileikkauskuva mäntäkalvopumpusta.



Kuvio 1 Pumpun läpileikkaus (Weir Minerals 2013)

GEHO ZPM on kaksitoiminen mäntäpumppu. Sähkömoottorilta hihnan välityksellä saatava kiertoliike muutetaan kahden männän lineaariseksi edestakaiseksi liikkeeksi. Molemmat männät käyttävät potkurinesteen välityksellä kahta kalvoa. Yhteensä kalvoja on siis neljä. Männän tehdessä edestakaista liikettä on toiseen suuntaan mennessä toisessa kalvokotelossa imu- ja toisessa poistovaihe ja palaavassa liikkeessä päinvastoin. Molemmat männät imevät ja poistavat molempiin suuntiin tapahtuvissa liikkeissä. Imu- ja poistotahteja on yhden kiertoliikkeen aikana yhteensä neljä molempia. (Weir Minerals Netherlands 2008, 22.)

Jokaisessa kalvokotelossa on imu- ja poistuventtiili. Imuvaiheen aikana kalvo liikkuu taaksepäin männän liikkeen aiheuttaman alipaineen johdosta ja pakottaa



imuventtiilin A avautumaan jolloin lietekammio täyttyy lietteellä. Poistovaiheen aikana männän potkurinesteeseen aiheuttama paine painaa kalvoa eteenpäin, mikä pakottaa lietekammion poistovernttiilin M avautumaan ja liete virtaa ulos kammiosta. Pumpun toimintaperiaate selviää kuviosta 2. (Weir Minerals Netherlands 2008, 22.)

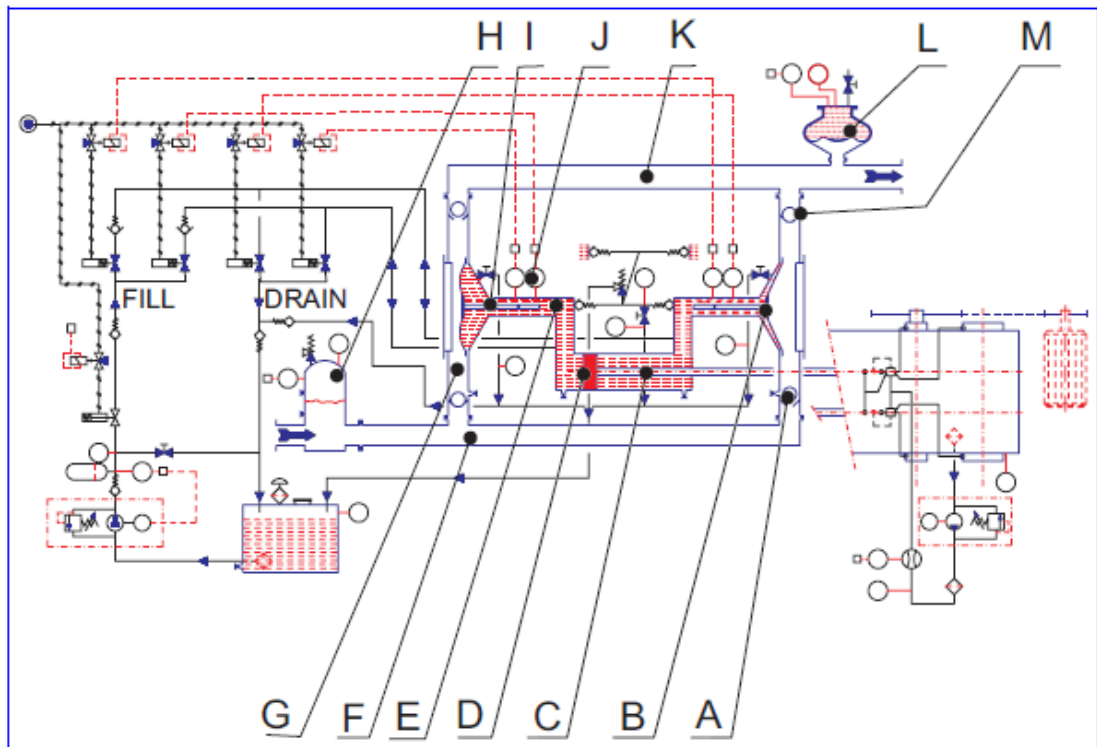


Figure 5.3: ZPM-pumpun toimintakaavio

A	Imuventtiili	B	Kalvo
C	Männän varsi	D	Mäntä
E	Potkurineste	F	Imuputki
G	Lietekammio	H	Imuilmasäiliö
I	Valvontasauva asentomerkitsimellä kalvon iskun rajoittamiseen	J	Valvontasauvan valvonta-anturit kalvon iskun rajoittamiseen
K	Poistoputki	L	Paineentasaussäiliö
M	Poistovernttiili		

Kuvio 2. Pumpun periaate (Weir Minerals Netherlands 2008, 26)

### 3.1.1 Apulaitteet

Pumppulaitteisto sisältää mäntäpumpun lisäksi voitelujärjestelmän ja potkurinestejärjestelmän. Ennen kuin pumppaus voidaan aloittaa, on molempien järjestelmien oltava toiminnassa. Apulaitteet käynnistetään omalla käynnistyskäskyllään, ja sammutetaan samalla käskyllä mäntäpumpun kanssa. Voiteluöljy-

pumppu pysyy päällä kunnes mäntäpumpun pyörimisnopeus on alle 1 tahtia minuutissa. (Weir Netherlands 2008a, 4.)

### 3.1.2 Pumppaus

Mäntäpumpun käynnistysehdot sisältävät molempien apulaitejärjestelmien toiminnan ja erilaisia hälytystietoja. Kun pumpun käynnistysehdot täyttyvät, voidaan pumppu käynnistää. Pumpun nopeutta voidaan säätää muuttamalla nopeusohjetta. (Weir Netherlands 2008d, 15, 24.)

Nopeuden yksikkönä pumpussa käytetään yksikköä SPM = Strokes per minute, tahtia minuutissa, joka tarkoittaa kampa-akselin kierroksia (Weir Minerals Netherlands 2008, 15).

### 3.1.3 Kauko- ja paikallisohjaus

Pumppua ja apulaitteita voidaan ohjata sekä kauko-, että paikallisohjauksella. Kauko-ohjauksessa ohjausmahdollisuudet ovat rajallisemmat kuin paikallisohjauksessa. Kauko-ohjaus tehdään automaatiojärjestelmästä. Kauko-ohjaus mahdollistaa apulaitteiden ja pumpun käynnistyksen sekä pumpun moottorin nopeuden säädön. Paikallisohjauspaneelilla on laajemmat ohjaus ja käsiajomahdollisuudet pumpulle ja apulaitteille. (Weir Minerals Netherlands 2008d, 15, 19, 21-22, 26.)

### 3.1.4 Potkurinesteen paineen säätö

Potkurinesteen painetta mitataan painelähettimeillä ja säädetään kytkemällä potkurinestepumppua päälle ja pois. Liian alhaisesta potkurinesteen paineesta tulee hälytys. Paineen säätö on jatkuvasti toiminnassa, kun potkurinestejärjestelmä on kytkettynä päälle. (Weir Netherlands 2008d, 10.)

### 3.1.5 Potkurinesteen määrän säätö

Potkurinesteen määrää kalvokoteloissa säädetään automaattisesti täyttämällä kalvokoteloita päästämällä potkurinestepumpulla paineistettua potkurinestettä kalvokoteloihin ja laskemalla potkurinestettä tyhjennysventtiilien kautta pois kalvokoteloista. Potkurinesteen määrää valvotaan tarkkailemalla kalvon asentoa. Kalvojen asentoa tarkkaillaan valvomalla kalvoihin kiinnitettyjä sauvoja induktiivisilla rajakytkimillä. (Weir Netherlands 2008a, 4.)

Rajakytkimet ohjaavat venttiileitä siten, että tyhjennys- tai täyttörajan tullessa vastaan, tyhjennys- tai täyttöventtiili avautuu viiveajaksi. Viiveajalla vältetään säädön värähtely, verrattuna tilanteeseen, jossa rajakytkimet ohjaisivat venttiileitä suoraan ilman viivettä. Tätä viiveaikaa säädetään pumpun pyörimisnopeuden kasvaessa siten, että nopeuden kasvaessa viiveaika lyhenee. Jos säätö toimii jatkuvasti yli 3 minuuttia asettumatta välillä vähintään 15 sekunniksi tilaan, jossa kumpikaan raja ei olisi aktiivinen, annetaan toiminnasta vikailmoitus. (Weir Netherlands 2008d, 4-6, 8.)

### 3.1.6 Automaattinen potkurinesteen tyhjennys

Kun pumpun käynnistyksestä on kulunut noin kymmenen minuuttia, käynnistyy automaattinen potkurinesteen tyhjennys. Ohjelma kytkee potkurinesteen tyhjennysventtiilejä auki 0,5 sekunnin pulsseilla muutaman sekunnin välein niin kauan, että potkurinestettä on tyhjentynyt niin paljon, että täyttö käynnistyy. Pumpun käydessä sama ohjaus toistuu tunnin välein. (Weir Netherlands 2008d, 7.)

### 3.1.7 Hälytykset ja vikailmoitukset

Hälytyksiä tulee liian matalasta öljynvirtauksesta, liian matalasta öljynpinnasta, liian matalasta potkurinesteen paineesta, liian korkeasta ja matalasta öljynpaineesta ja liian korkeasta syöttöpaineesta. Vikailmoituksia tulee rajakytkimien väärienlaisesta toiminnasta, ongelmista potkurinesteen määrän säädössä kalvo-

koteloissa ja mittausten signaalin katkeamisesta tai alueen ylityksestä. (Weir Netherlands 2008d, 8-13, 16.)

### 3.2 Sähköiset instrumentit ja toimilaitteet

Tässä kappaleessa on esitelty GEHO-pumpun sisältämät instrumentit ja sähköiset toimilaitteet. Lisäksi on perehdytty mittausinstrumenttien ja toimilaitteiden toimintaperiaatteisiin. Pumppulaitteisto sisältää painemittauksia, lämpötilanmittauksen, lähestymiskytkimiä, virtauskytkimen, pintakytkimen, suuntaventtiileitä ja sähkömoottoreita.

#### 3.2.1 Painemittaukset

Pumppukoneikossa on kaksi painemittausta. Molemmat ovat Rosemount 2088 -painelähettimiä (Rosemount 2007). Niillä mitataan pumpun välittäjäaineena toimivan potkurinesteen painetta ja pumpattavan lietteen painetta (Weir Netherlands 2008b, 3-4).

Rosemount 2088 -painelähettimessä (Kuva 3) on itse mittaus erotettu kalvolla prosessista. Kalvon takana on välittäjäaineena toimiva silikoniöljy, joka välittää paineen mittauselimen kalvolle. Kalvon liike muuttaa jännitettä tai kapasitanssia. Suureen muutos muutetaan elektroniikalla milliampeeriviestin muutokseksi. Rosemount 2088 -painelähettimen painemittaus on joko kapasitiivinen tai pietsoresistiivinen mittaus. (Rosemount 2012,12.)





Kuva 3. Rosemount 2088 Smart -painelähetin

Pietsoresistiivisessä anturissa paine muuttaa kalvon resistanssia (Pihkala 2004, 29). Resistanssin muutos voidaan muuttaa jännitteen ja edelleen milliampeeri-viestin muutokseksi.

Kapasitiivisessa paineanturissa on differentiaalikondensaattori, jonka kiinteät levyt on tehty painekammion seinämiin, ja liikkuvana levynä toimii paineen vaikutuksesta liikkuva kalvo. Liike aiheuttaa kapasitanssin muutoksia, jotka voidaan elektroniikalla muuttaa mA-viestin muutoksiksi. (Pihkala 2004, 30-31.)

### 3.2.2 Lämpötilamittaus

Lämpötilamittauksena toimii Pt100-lämpötila-anturi (Kuva 4) Thermo Electric Pt100 (Weir Netherlands 2008b, 2). Se mittaa öljyn lämpötilaa.



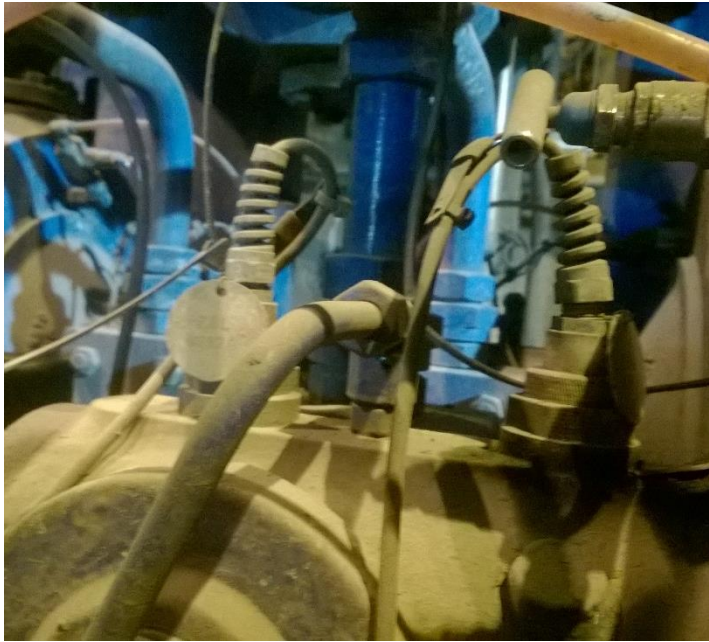
Kuva 4. Pt-100 anturin suojatasku

Pt100-anturi on metallivastus, jolla on positiivinen lämpötilakerroin. Sen vastus siis kasvaa lämpötilan kasvaessa. Nimi Pt100 tulee siitä, että anturin resistanssi on 0 °C:ssa noin 100 Ohmia. Pt100-anturin vastusarvon muutos muutetaan lähettimellä mA-viestiksi, joka syötetään logiikalle. (Pihkala 2004, 44, 46.)

### 3.2.3 Lähestymiskytkimet

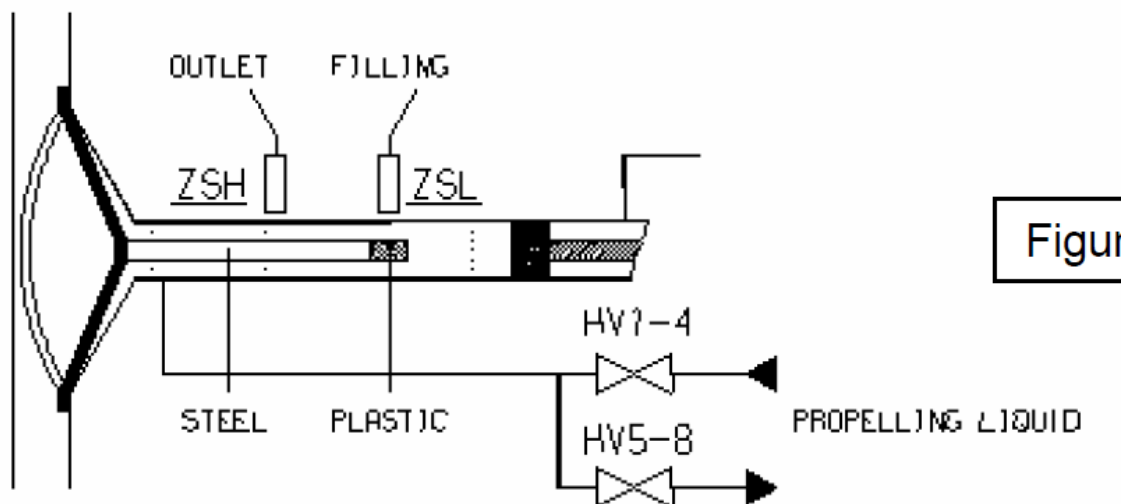
Lähestymiskytkimet ovat antureita, jotka ilmaisevat toimintakentässään olevan kappaleen. Induktiivisessa anturissa on oskillaattori, joka lakkaa värähtelemästä, kun sen kenttään tuodaan metalliesine. Induktiivinen anturi siis tunnistaa metalliesineen. (Pihkala 2004, 163.)

Pumpun kalvokoteloissa lähestymiskytkiminä toimivat induktiiviset anturit (Weir Netherlands 2008a, 4) (Kuva 5). Lähestymiskytkimillä valvotaan välittäjäaineen ja pumpattavan aineen välillä olevien kalvojen asentoa.



Kuva 5. Yhden kotelon induktiiviset rajakytkimet

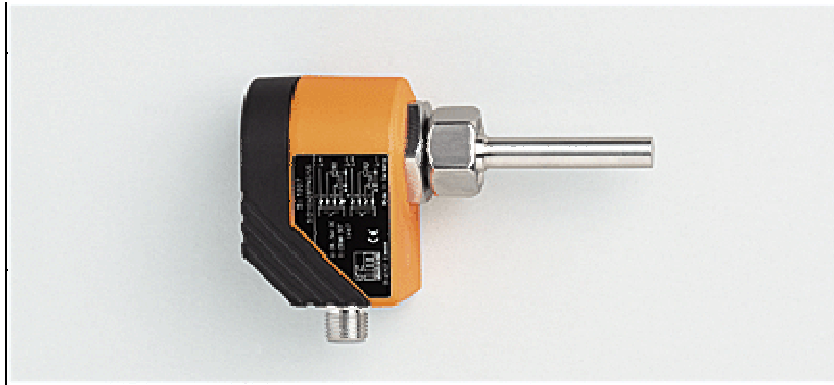
Kalvoihin on kiinnitetty sauvat, jotka ovat osittain muovia ja osittain terästä. Induktiivinen lähestymiskytkin tunnistaa sauvan metallisen osan. Kalvoilta saadaan lähestymiskytkimillä 2 rajatietoa/kalvo. Kuvio 3 selventää kalvojen asennon valvonnan toimintaperiaatetta. (Weir Netherlands 2008a, 4.)



Kuvio 3. Kalvon asennon valvonta (Weir Netherlands 2008a, 4)

### 3.2.4 Virtauskytkin

Virtauskytkimenä toimii IFM SI1002 (Kuva 6). Se valvoo öljynvirtausta. Se varoittaa alhaisesta ja hälyttää liian alhaisesta öljyn virtauksesta (Weir Netherlands 2008b, 2). Se myös ilmoittaa virtauksen ledisegmenttinäytöllä paikallisesti. (Weir Netherlands 2008b, 2.)



Kuva 6. Öljynvirtauskytkin (Ifm 2004)

IFM SI1002 on terminen massavirtausmittaus. Sen toiminta perustuu virtauksen jäähdyttävään vaikutukseen. Anturissa on kaksi vastusta, joista toista lämmitetään ja toista ei. Vastusten erotusta mitataan ja kun virtaus jäähdyttää vastusta, erotus muuttuu. Muutoksesta voidaan laskea virtausnopeus. Menetelmä soveltuu nesteille ja kaasuille. (Ifm 2016.)

### 3.2.5 Pintakytkin

Pintakytkimenä toimii Bühler Nivotemp M-0-2K8 (Weir Netherlands 2008b, 2) (Kuva 7). Pintakytkin valvoo öljysäiliön pintaa. Se varoittaa alhaisesta ja hälyttää liian alhaisesta öljysäiliön pinnasta.



Kuva 7. Öljysäiliön pintakytkin

Bühler Nivotemp M-0-2K8 on uimurityyppinen pintakytkin. Uimurityyppinen pinnanmittaus perustuu nesteen pinnalla kelluvan uimurin aseman osoittamiseen (Pihkala 2004, 90). Käytössä olevassa kytkimessä on rengasmainen koho, joka liikkuu sauvaa pitkin pinnankorkeuden mukaan. Sauvassa on kaksi pistettä jotka tunnistavat kohon kosketuksettomasti. Kohon tullessa tälle kohdalle anturi antaa hälytyksen. Uimuri on sijoitettu putkeen, jonka pinta vaihtelee öljytilan pinnan mukaan. Näin vältetään öljyn loiskumisen aiheuttamilta häiriöhälytyksiltä.

### 3.2.6 Suuntaventtiilit

Suuntaventtiilit ovat pneumaattisia venttiilejä, jotka sijaitsevat painelähteen ja pneumaattisen toimilaitteen välissä. Niillä ohjataan pneumaattisen järjestelmän toimintaa. Suuntaventtiilillä määritetään paineilman virtaussuunta ja toimilaitteen liikesuunta. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 60-61.)

GEHO-pumpussa suuntaventtiileinä toimivat Nordgren XF V61B -tyyppiset sähköohjatut suuntaventtiilit (Weir Netherlands 2008b, 4). Niillä muutetaan logiikan sähköinen ohjaus pneumaattiseksi ohjaukseksi. Niitä on yhteensä 9 kpl. Suun-



taventtiileillä ohjataan paineilmaa, joka ohjaa itse venttiilejä. Venttiilejä ovat potkurinesteen täyttö- ja tyhjennysventtiilit, joilla säädellään potkurinesteen määrää kalvokoteloissa, sekä potkurinesteen syöttöventtiili, jolla voidaan katkaista potkurinesteen syöttö täyttöventtiileille.

### 3.2.7 Sähkömoottorit

Pumpussa on kolme sähkömoottoria. Mäntäpumppua pyörittävä moottori on taajuusmuuttajakäyttöinen 160 kW kolmivaiheinen oikosulkumoottori. Potkurinestepumpun ja voitelupumpun moottorit ovat 0,75 kW kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita (Weir Netherlands 2008b, 2, 4) (Kuva 8). Pienempiä moottoreita ohjataan suoralla lähdöllä.

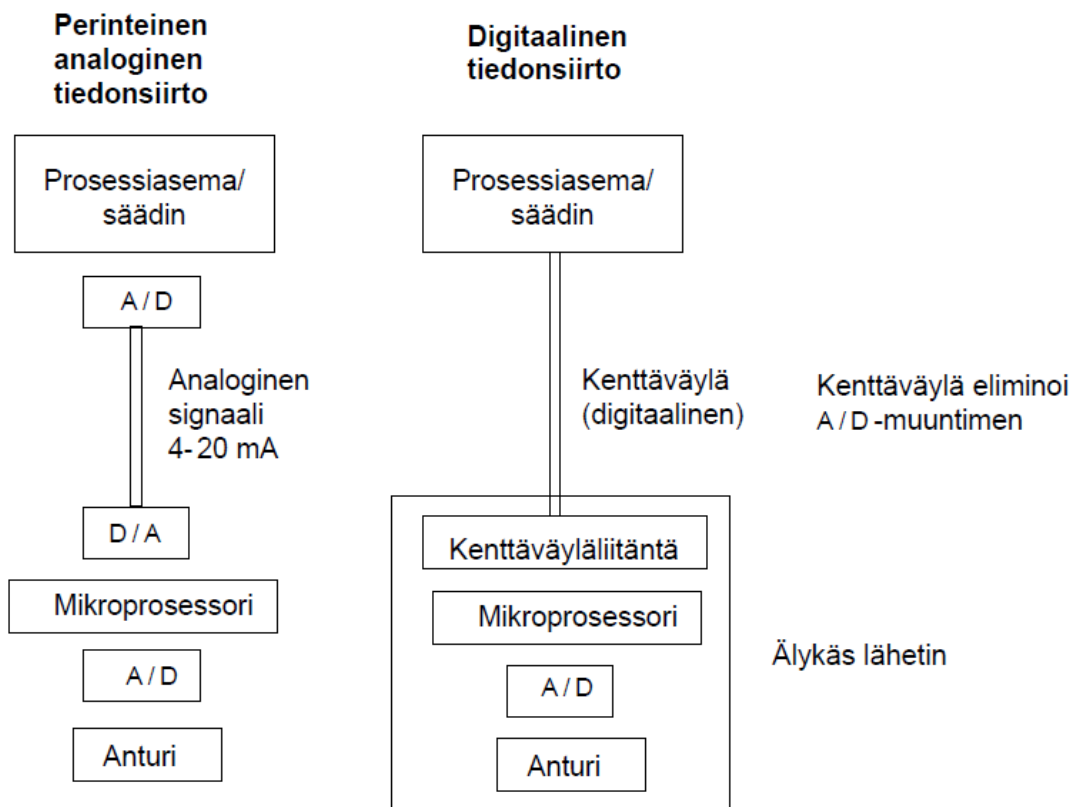


Kuva 8. Voitelupumpun moottori

#### 4 VÄYLÄJÄRJESTELMÄT

Kenttäväylä pyrkii ratkaisemaan ongelman, joka muodostuu integroitaessa erilaisia kenttälaitteita automaatiojärjestelmäkokonaisuudeksi. Se mahdollistaa tiedonsiirron kenttälaitteiden ja automaatiojärjestelmän välillä. Kenttäväyläkäsike tarkoittaa digitaalista, sarjamuotoista ja kaksisuuntaista kommunikointia kenttälaitteen ja ohjausjärjestelmän välillä. Se on tietoliikenneprotokolla, joka mahdollistaa prosessitason mittauksen ja säädön. (ABB 2007, 3.)

Kenttäväylän avulla voidaan liittää kenttäinstrumentit ja laitteet suoraan väylään. Yksittäisten laitteiden kaapelointi jää pois ja yhdellä parikaapelilla voidaan kentältä tuoda useamman laitteen tiedot järjestelmään. (Sivonen 2008, 26.) Kytken-  
täperiaate näkyy kuviossa 4.



Kuvio 4. Kenttäväylä (ABB 2007, 2)

Kenttäväyläjärjestelmiä on useita ja ne eivät ole keskenään suoraan yhteensopivia. Eri kenttäväyläjärjestelmät mahdollistavat kuitenkin eri valmistajien laitteiden kytkemisen yhteen yhteisen protokollan avulla.

Kenttäväylää johon liitetään pienjännitelaitteita, kuten moottorilähtöjä, taajuusmuuttajia ja pehmokäynnistimiä, sanotaan laiteväyläksi. Laitteilla on erillinen käyttöjännitesyöttö suoraan sähköverkosta. (Kallio & Mäkinen 2004, 34.)

Kittilän kaivoksen rikastamolla käytössä olevat kenttäväylät ovat laiteväyliä, joihin on kytketty moottorilähtöjä ja taajuusmuuttajia. Kenttäinstrumentoinnissa on käytössä Hart-diagnostiikka, mutta automaatiojärjestelmän ja instrumentoinnin välinen liikenne on toteutettu mA-viestillä. Alla on käsitelty kahta projektissa käytettyä kenttäväylää hieman tarkemmin.

#### 4.1 Modbus TCP/IP

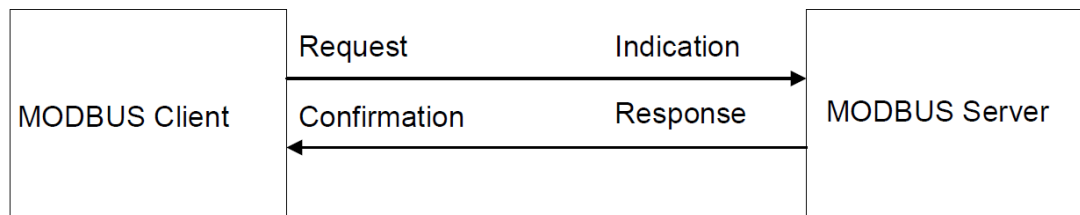
Modbus protokolla on Modiconin vuonna 1979 kehittämä master/slave-typpinen sarjaliikenneprotokolla älykkäiden laitteiden väliseen kommunikointiin. Modbus TCP/IP on Modbus sarjaliikenneprotokollasta myöhemmin kehitetty Ethernet-pohjainen versio. Modbus TCP/IP viestintää käytetään kahden laitteen, laitteen ja käyttöliittymän, sekä PC:n ja laitteen väliseen kommunikointiin. (Modbus Organization, Inc 2016.)

Koska yhteys on Ethernet-pohjainen, voidaan rakentamisessa käyttää tavallisia Ethernet-verkon komponentteja, kuten kaapeleita, liittimiä ja kytkimiä.

Modbus TCP/IP protokollaa käytetään client/server-muotoiseen reaaliaikaiseen viestintään Ethernet-verkkoon kytkettyjen laitteiden välillä. Client/server-malli perustuu neljäntyyppisiin viesteihin (Kuvio 5).

- Request on clientin lähettämä viesti verkkoon, joka aloittaa tiedonsiirron.
- Indication on serverin vastaanottama pyyntöviesti.
- Response on serverin lähettämä vastausviesti.
- Confirmation on clientin vastaanottama vastausviesti.





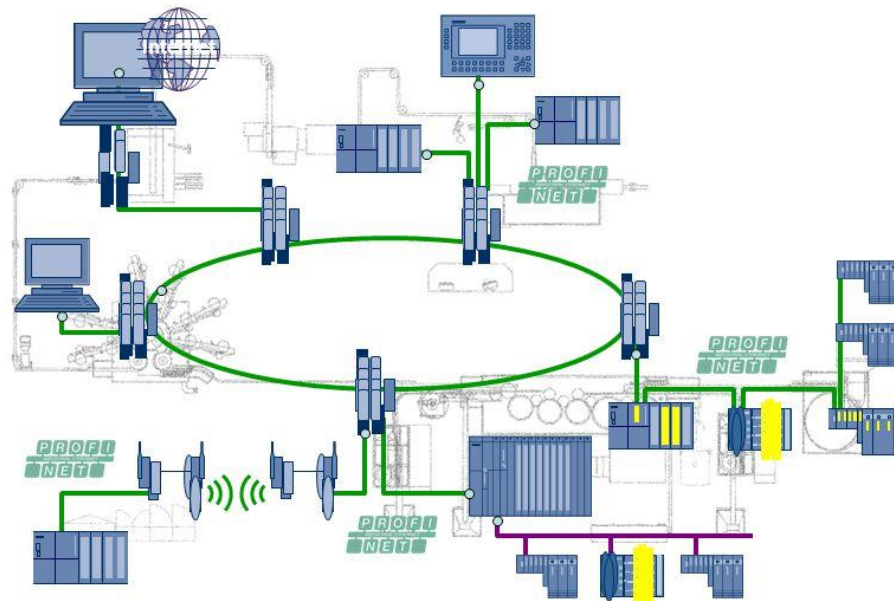
Kuvio 5 Client/server muotoinen liikennöinti (Modbus . IDA 2006, 2)

Tiedonsiirtoon viesteissä käytetään neljää eri tietotyyppiä. Näitä ovat diskreetit tulot ja lähdöt, jotka ovat yhden bitin suuruisia, sekä tulorekisterit ja pitorekisterit, jotka ovat 16 bittisiä sanoja. (Modbus . IDA 2006, 2, 7-8.)

#### 4.2 Profinet

Profinet on teollisuus-Ethernet-standardi. Perinteiseen Ethernettiin verrattuna sitä on parannettu reaaliaikaisen tiedonsiirron mahdollistavilla ominaisuuksilla. Aikakriittiset toiminnot on Profinetissä tehty mahdollisiksi reaaliaikaisilla protokollalisäyksillä. Koska Profinet on Ethernet-pohjainen kenttäväylä, se mahdollistaa standardoitujen Ethernet-liittimien ja komponenttien käytön. Tavallisen TCP/IP-tiedonsiirron lisäksi Profinet mahdollistaa reaaliaikaisen ja syklisen tiedonsiirron samaan aikaan samassa väylässä ilman, että reaaliaikainen tiedonsiirto häiriintyy. Reaaliaikaisesti tietoa on mahdollista siirtää myös tahdistetusti, jolloin vasteajat saadaan lyhyiksi, jopa alle yhden millisekunnin. Koska Profinet pohjautuu Ethernet-protokollaan, myös langaton tiedonsiirto on mahdollista. (Siemens Osakeyhtiö 2016.)

Profinet hyödyntää kaikkia Ethernetin mahdollisuuksia. Se on aina full duplex eli kommunikoi samaan aikaan molempiin suuntiin. Profinet mahdollistaa I/O-tietojen priorisoinnin, jolloin suorituskky paranee. Verkot voidaan rakentaa rengasmaisiksi, mikä parantaa käyttövarmuutta (Kuvio 6). (Pyykkö 2012, 5, 7, 18.)



#### PROFINET

- Line, star, tree and ring topology possible

Kuvio 6. Profinet-verkko (Indian Profibus, Profinet Association 2016, 8)

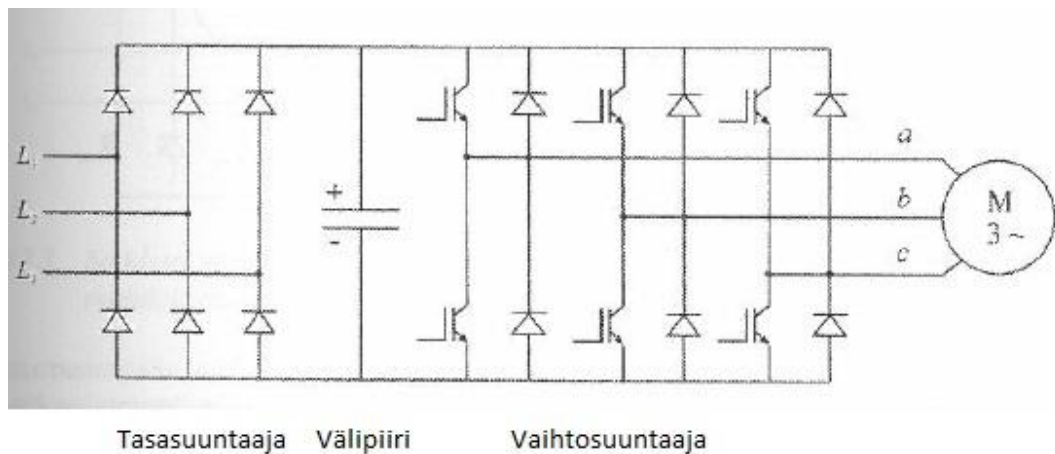
Ohjattaessa taajuusmuuttajia tiedonsiirto Profinetissä tapahtuu PPO (Parameter Process data Objects) viestintäprotokollan välityksellä. Tiedonvaihdossa kaksi ensimmäistä tavua ovat kiinteitä sisältäen tila- ja komentosanan ja nopeuden asetus- ja oloarvon. Seuraavat tavut ovat muunneltavissa. PPO- tyyppistä riippuu, kuinka paljon dataa tiedonvaihto sisältää. Muunneltaviin tavuihin voidaan asettaa esim. prosessidataa eli tilatietoja tai mittausarvoja. Niiden avulla voidaan myös muuttaa taajuusmuuttajan parametrien arvoja väylän kautta. (Danfoss 2016, 23, 28.)

## 5 MOOTTORIN OHJAUS

### 5.1 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajaa käytetään pääasiassa säädetyn sähkömoottorikäytön toteutukseen. Lisäksi taajuusmuuttajalla voidaan toteuttaa myös muita moottorin ohjaustoimenpiteitä. Taajuusmuuttajalla voidaan jarruttaa sähkömoottoria ja suorittaa erilaisia moottorin suojaustoimenpiteitä. Tyypillisessä ratkaisussa yhdellä taajuusmuuttajalla ohjataan yhtä sähkömoottoria. (Hietalahti 2012, 101.)

Tämä tyypillinen ratkaisu on käytössä myös Kittilän kaivoksella. Erillistaajuusmuuttaja sisältää kaikki taajuusmuuttajan komponentit joka laitteessa. Näitä komponentteja ovat tasasuuntaaja, välipiiri ja vaihtosuuntaaja (Kuvio 7).



Kuvio 7. Taajuusmuuttajan komponentit (Hietalahti 2012, 101)

Taajuusmuuttaja tasasuuntaa verkon vaihtojännitteen välipiiriin tasajännitteeksi. Tasajännite vaihtosuunnataan takaisin vaihtojännitteeksi halutulle taajuudelle IGBT-transistoreilla. Moottorin jännitettä ja virtaa mitataan koko ajan ja niiden perusteella vaihtosuuntaajaa säädetään koko ajan, jotta moottori pyörisi halutulla tavalla, vaikka olosuhteet vaihtelisivat. (Kallio & Mäkinen 2004, 137.)

Kittilän kaivoksen rikastamolla käytetään pääasiassa kahta ABB:n taajuusmuuttajamallia. Taajuusmuuttajamallit ovat ACS800 ja ACS880. Näistä ACS880-malli on uudempi ja sen käyttöön ollaan siirtymässä, siten, että uudet rakennet-

tavat kokonaisuudet varustetaan ACS880-mallilla. Alla on käsitelty molempien taajuusmuuttajamallien ominaisuuksia.

#### 5.1.1 ABB ACS800 -erillistaajuusmuuttajat

ACS800-erillistaajuusmuuttajat (Kuva 9) ovat valmiita koteloituja taajuusmuuttajia. Ne sisältävät tasasuuntaajan, suodatuspiirin ja vaihtosuuntaajan. ACS800-taajuusmuuttajissa on mahdollisuus käyttää suoraa momentinsäätötekniikkaa (DTC). Niitä on saatavissa eri jännitteille ja tehoalueelle 0,55 kilowatista 5600 kilowattiin. Ne voidaan asentaa ilman erillistä kotelointia. Käyttökohteita ovat mm. pumput, tuulettimet, hissit, kuljettimet ja nosturit. Taajuusmuuttajia on saatavilla sekä ilma- että nestejäähdytteisenä. Lisävarusteena on saatavissa liittymämoduuleja, jotka mahdollistavat kenttäväylä- ja I/O-liittynät. Lisävarusteena on myös saatavissa erilaisia PC-työkaluja, ohjausohjelmia ja häiriösuodatuslaitteita. (ABB 2012.)



Kuva 9. ABB ACS800 -taajuusmuuttaja

### 5.1.2 ABB ACS880 -erillistaajuusmuuttajat

ACS880 on ACS800 sarjaa uudempi ABB:n taajuusmuuttajasarja (Kuva 10). Se sisältää kaikki ACS800-sarjan ominaisuudet ja niiden lisäksi se on helpompi-käyttöinen uuden käyttöliittymän ansiosta. Sillä on parempi hyötysuhde ja se on helpompi asentaa. Siinä on sisäänrakennetut turvaominaisuudet ja sisäänrakennettu ohjelmoitava logiikka Codesys-ohjelmointiympäristöllä. (Chen 2016, 10.)



Kuva 10. ACS880. taajuusmuuttajia (ABB Group 2016)

### 5.2 Älykkäät moottorilähdöt

Älykkäät moottorilähdöt ovat laitteita, joilla moottorilähtöä voidaan ohjelmoida, ohjata ja valvoa, joko paikallisesti, tai kaukokäyttöisesti kenttäväylää pitkin. Niiden avulla saadaan moottorilähtöjen I/O hajautettua. Älykkäitä moottorilähtöjä on olemassa eri kenttäväylille. (Telemecanique 2007, 5.)

Älykkään moottorilähdön etuja perinteiseen moottorinohjaukseen verrattuna ovat:

- parempi prosessinhallinta ja diagnostiikka (Telemecanique 2007, 2)
- pienemmät suunnittelu-, asennus- ja kunnossapitokustannukset (Siemens Osakeyhtiö 2011, 15)
- monipuolinen ja älykäs moottorin suojaustekniikka (Siemens Osakeyhtiö 2011, 15)

- yksityiskohtaiset käyttö-, huolto- ja diagnostiikkatiedot (Siemens Osakeyhtiö 2011, 8)
- avoin liikennöinti kenttäväylän kautta (Telemecanique 2007, 3)
- vähentää kaapelointia ja välireleiden tarvetta (Siemens Osakeyhtiö 2012, 15)
- osa älykkäistä moottorilähdöistä sisältää laajat turvatoimintomahdollisuudet (Siemens Osakeyhtiö 2016).

Alla on käsitelty kahta Kittilän kaivoksella käytössä olevaa älykästä moottorilähtömallia.

#### 5.2.1 Siemens Simocode pro V

Simocode pro on Siemensin tuottama pienjännitemoottorin ohjausjärjestelmä. Simocode pro V voidaan liittää ohjausjärjestelmään Profibus DP -väylän kautta ja Simocode pro V PN Profinet-väylän kautta. Simocodella voidaan toteuttaa moottorin suojaus, valvonta ja ohjaus monipuolisesti. Simocode pro V:llä voidaan toteuttaa seuraavat moottorin ohjaustoiminnot:

- suora- ja suunnanvaihtokäynnistin
- tähti-kolmiokäynnistin ja suunnanvaihto
- kaksilla käämeillä ja Dahlander. käämeillä varustettujen kaksinopeusmoottoreiden ohjaus ja suunnanvaihto.

Lisäksi Simocode pro V:tä voidaan käyttää magneettiventtiilin ohjaukseen, venttiilitoimilaitteen ohjaukseen ja pehmokäynnistimen etukojeena. (Siemens Osakeyhtiö 2016.)

Simocode pro V:n ominaisuuksia voidaan laajentaa laajennusyksiköillä. Lämpötilanmittausyksikköä voidaan käyttää, kun halutaan lämpötilatietoja prosessista. Näytöllä varustetulla käyttöpaneelilla voidaan esimerkiksi visualisoida mittausarvoja ja tilatietoja paikallisesti. Virta/jännitemittausmoduulilla päästään laskemaan teho-, cosphi- ja

energiankulutusarvot. Laitteen I/O:ta voidaan laajentaa digitaalisilla ja analogisilla moduuleilla. Laajentamalla Simocode pro V:tä turvareleellä voidaan toteuttaa SIL3 tason turvallinen pysäytys. (Siemens Osakeyhtiö 2016.)

### 5.2.2 ABB UMC

ABB Universal Motor Controller on älykäs moottorinhallintajärjestelmä kolmivaihemoottoreille. Se mahdollistaa moottorin ohjaamisen kenttäväylillä ja sen kautta voidaan moottorilähdöstä kerätä runsaasti tietoa kenttäväylän kautta ohjausjärjestelmään. Näiden tietojen avulla voidaan toteuttaa älykäs moottorin suojaus ja ohjaus. (ABB 2016a, 7.)

Laite sisältää läpivientityyppisen virtamuuntajan pienemmille kaapeleille ja virroille. Suuremmille kaapeleille ja virroille on saatavana erillinen lisävirtamuuntaja. Järjestelmällä voidaan toteuttaa lämpöylikuormitussuojaus. Hallintajärjestelmä sisältää seuraavat moottorin suojaustoiminnot: yli-/alikuormitus, yli-/alivirta, yli-/alijännite, roottorin jumi, vaiheen katkeaminen, epätasapaino, vaihejärjestys, maasulkusuojaus ja termistorimoottorinsuojaus. Moottorin ohjaustoiminnoista löytyy seuraavat: suora, suunnanvaihto, tähti-kolmiokäynnistin, navanvaihto, ylikuormitusrele ja I/O-tila. Lisäksi laitteessa on vapaasti ohjelmoitava sovelluskohtainen logiikka toimintolohkoilla. Huolto- ja diagnostiikkatiedoista on saatavissa seuraavat: käyttöunnit, moottorin käynnistysten ja ylikuormituslaukaisujen määrä, moottorin tila, viat ja varoitukset, vikahistoria, moottorin virta, vaihejännitteet, lämpökuorma, tehokerroin ( $\cos \phi$ ), pätöteho, näennäisteho, energia, harmoniset yliaallot (THD). Perusyksikkö sisältää sisäänrakennettua I/O:ta, jota voidaan laajentaa lisämoduuleilla. (ABB 2016a, 7.)

Laite on kommunikointimoduulien avulla kytkettävissä kenttäväyliin Profibus DP, Profinet, Modbus TCP/IP ja RTU ja Devicenet (ABB Group 2016).

## 6 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ JA LOGIIKKA

### 6.1 Järjestelmän ja logiikan ominaisuudet

Automaatiojärjestelmä ja ohjelmoitava logiikka muistuttavat käyttötarkoitukseltaan ja ominaisuuksiltaan hyvin paljon toisiaan. Suunnitteluprojektissa piti pohdita, onko suunniteltu ohjaus järkevämpää toteuttaa liittämällä laite suoraan automaatiojärjestelmään, vai asentaa laitteen ja automaatiojärjestelmän väliin ohjelmoitava logiikka, joka kommunikoi automaatiojärjestelmän kanssa. Molempia toteutuksia puoltavia seikkoja löytyi, ja molemmat olisi ollut mahdollista toteuttaa.

Automaatiojärjestelmän prosessiasemat ovat erilaisten liitântöjen kautta liitettyinä prosessiin. Näitä liitântöjä ovat analogiset ja digitaaliset liitännät ja kenttäväylät. Prosessiasemat hoitavat tarvittavat säädöt, mittaukset ja ohjaukset. Ohjelmoitavan logiikan käyttö on hyvin samanlaista. Sitä käytetään prosessien ohjaukseen samanlaisten liitântöjen kautta. Molempiin on saatavilla erilaisia käyttöliittymiä, joiden avulla käyttäjä voi ohjata prosessia. (Kippo & Tikka 2008, 44-48, 55.)

Automaatiojärjestelmä ohjaa kokonaisen tehtaan jatkuvatoimista tuotantoa ja ohjelmoitava logiikka yksittäisen solun tai laitteen toimintoja. Rakennetta, jossa ohjaukset toteutetaan jakamalla ne useammalle keskenään kommunikoivalle logiikalle, tai useammalle automaatiojärjestelmän alaisuuteen liitetylle logiikalle kutsutaan hajautukseksi. Ohjelmoitavan logiikan etuna on sen nopeus automaatiojärjestelmään verrattuna. (Kippo & Tikka 2008, 55.)

Kittilän kaivoksella on käytössä ABB AC800xA -automaatiojärjestelmä. ABB AC500 -logiikkaa on käytetty erillislogiikalla toteutetuissa laitteissa. Tässä työssä suunniteltu ohjaus päätettiin toteuttaa hajautetusti AC800xA-järjestelmään liitetyllä AC500-logiikalla, joten alla olen käsitellyt kyseistä logiikkaa hieman tarkemmin.



## 6.2 ABB AC500 -logiikka

AC500-tuotesarja on alusta, josta voi suunnitella ja rakentaa monipuolisia automaattioratkaisuja. AC500-sarjaan kuuluu erilaisia suorittimia, I/O-moduuleja, väylä- ja liitäntämoduuleja sekä lisävarusteita. Kaikki moduulit käyvät kaikille suorittimille, mikä lisää muunneltavuutta. I/O-moduuleilla saadaan digitaalinen ja analoginen I/O kytkettyä logiikkaan. Liitäntämoduulit mahdollistavat yleisimpien kenttäväyläjärjestelmien käytön esim. Profinet, Profibus DP, Modbus TCP/IP ja RTU ja Ethernet. Väylämoduuleilla voidaan rakentaa kentälle hajautettua I/O:ta. Sarjan AC500-S turvalogiikkaohjainkomponenteilla voidaan rakentaa integroidut turvaratkaisut. AC500-logiikkaan voidaan luoda käyttöliittymä kytkemällä siihen CP600- tai CP400-sarjan ohjauspaneeli. Ohjauspaneelilla voidaan suorittaa ohjattavan prosessin ohjausta ja valvontaa. (ABB Group 2016.)

AC500-sarjan logiikkojen ohjelmointi tapahtuu Automation Builder -ohjelmistolla. Ohjelmointiympäristö sisältää useita osia ja sillä voidaan suorittaa mm. logiikan ja ohjauspaneelin ohjelmointi. (ABB Group 2016.)

Logiikan ohjelmointia varten on Automation builderiin integroitu useiden muidenkin logiikkavalmistajien käyttämä Codesys-ohjelmointiympäristö. Codesys sisältää kaikki IEC 61131-3 mukaiset ohjelmointikielet (FBD, LD, IL, ST, SFC) sekä standardinmukaisten kielten lisäksi muita kieliversioita (3S-Smart Software Solutions 2016).

## 7 LOGIIKKAMUUTOKSEN SUUNNITTELU

### 7.1 Muutosten tavoitteet

Muutosten tavoitteena on muuttaa GEHO-pumppujen ohjaus, positiointi ja dokumentointi yhtenäiseksi muun laitteiston kanssa. GEHO-pumppujen ohjaus on tullut pumppujen laitetoimituksen mukana, ja se on kytketty osaksi prosessia erillisenä laitteena. Pumpun ohjaus, positiointi ja dokumentointi on tullut laitetoimituksen mukana. Vanha ohjaus on toteutettu Siemens S7 .logiikalla (Kuva 11). Rikastamalla on käytetty pääasiassa ABB:n automaatiolaitteistoa. Yksittäinen Siemensin laite, ja se ettei dokumentointi ole yhtenäinen muun järjestelmän kanssa muodostaa riskin kunnossapitoa ajatellen. Pumppu on prosessin kannalta todella tärkeä.



Kuva 11. GEHO-pumpun logiikkakaappi

Pumppuja pystyy ohjaamaan automaatiojärjestelmästä, mutta automaatiojärjestelmän ja logiikan välillä on vain muutama komento- ja tilatieto. Muu ohjaus on toteutettu logiikassa ja keskitetty paikallisohjauspaneelille. Tavoitteena olisi, että muutosten jälkeen entisen ohjauksen toiminnot pysyvät mahdollisimman

muuttumattomina, mutta tarvittaessa olisi helppo lisätä valvontaa ja ohjausta helpottavia toimintoja myös automaatiojärjestelmän valvomonäytöille, paikallisen näytön lisäksi. GEHO-pumppulaitteistoja on kaksi rinnakkaista käyttöä. Tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa muutokset ensin toiseen pumppuun. Tulevaisuudessa voidaan samoilla suunnitelmilla toteuttaa muutokset myös toiseen samanlaiseen laitteistoon.

## 7.2 Laitteiden valinta

Tarvittavia tilatietoja olisi mahdollista ottaa Siemens-logiikasta automaatiojärjestelmään, mutta koska rikastamalla on ABB:n laitteisto käytössä ja siihen löytyy kehitystyökalut ja osaamista, on järkevämpää muuttaa ohjaus ABB:n laitteistolla toteutetuksi, kuin alkaa rakentamaan monipuolisempia toimintoja Siemens-logiikan ja ABB:n automaatiojärjestelmän välille. Kun ohjaus muutetaan ABB:n laitteistolla toteutetuksi, on sen laajentaminen tulevaisuudessa helpompaa, jos sille ilmenee tarvetta. Lisäksi mahdollisessa vikatilanteessa on vikadiagnostiikka helpompaa, kun ohjaus on toteutettu laitteistolla, johon löytyy kehitystyökalut ja osaamista omasta organisaatiosta.

### 7.2.1 Logiikka

Ohjausjärjestelmää valittaessa oli vaihtoehtoina kytkeytyminen suoraan ABB AC800xA -automaatiojärjestelmään, tai erillinen ABB AC500 -logiikka, jota ohjataan automaatiojärjestelmästä. Päädyttiin valitsemaan erillinen logiikka. Valintaperusteena oli AC500-logiikan suorituskyky. Vanhan Siemensin logiikan manuaaleista katsottiin millaisiin ohjelmankiertoaikoihin logiikka pystyy. Todettiin, että AC800xA-automaatiojärjestelmällä ei pystytä yhtä nopeisiin kiertoaikoihin Siemensin logiikan kanssa, mutta AC500-logiikalla pystytään. Logiikoiden vasteajat ovat lyhyempiä kuin automaatiojärjestelmien (Kippo & Tikka 2008, 55). Erillisen logiikan valintaa tuki myös se, että pumppu on oma erillinen laitekokonaisuus, ja sen johdotus soveltuu logiikkaohjaukseen sellaisenaan, koska aikaisempikin toteutus on tehty erillisellä logiikalla. Pumppuun voidaan myös suorittaa huolto-toimintoihin liittyviä ohjauksia, vaikka automaatiojärjestelmä olisi poissa käytöstä, jos toteutus on tehty erillisellä logiikalla.

Logiikka sijoitetaan kentälle samaan koteloon, missä aikaisempi Siemens-logiikka oli. Kenttäinstrumentoinnin osalta riittää, kun ristikytkentä tehdään uudestaan. Moottorilähdöille ja järjestelmäliityntää varten joudutaan vetämään väyläkaapelit entisten I/O-kaapeleiden tilalle. Moottoriohjaukset toteutetaan Profinet-kenttäväylällä ja automaatiojärjestelmän ja logiikan välinen liikennöinti toteutetaan Modbus TCP/IP-väylällä.

Logiikkaan piti valita CPU, kommunikointimoduulit ja I/O-kortit. Kommunikointimoduulit tarvittiin Profinet-liikennöintiin, Modbus TCP/IP-liikennöintiin ja Profisafe turvatoimintoa varten. Profinet-liikennöintiä varten tuli kommunikointimoduuli CM579, Modbus TCP/IP-liikennöintiä varten CM577, Profisafea varten tuli oma moduuli SM560-S, mutta liikennöinti tapahtuu saman Profinet-väylän kautta, kuin moottoriohjauksetkin.

I/O-korttien valintaa varten laskettiin laitteistossa olevan I/O:n määrä. Analogisia tuloja tarvittiin 3 kpl, digitaalisia tuloja 13 kpl ja digitaalisia lähtöjä 10 kpl, lisäksi tarvittiin I/O-kortti turva-I/O:ta varten. Siemensin I/O-korttien datalehdistä tarkistettiin kytkennät ja digitaallilähtöjen virrankesto, ja niitä verrattiin ABB:n korttien datalehtiin. Analogisia tuloja varten valittiin AX522, johon voidaan kytkeä 8 analogista tuloa ja 8 analogista lähtöä. Digitaalisia tuloja ja lähtöjä varten valittiin kortti DC532, jossa on 16 digitaalituloa ja 16 kanavaa, jotka voidaan konfiguroida digitaalituloiksi tai -lähdöiksi. Turva-I/O:ta varten piti valita oma kortti. Valittiin DX581-S, joka sisältää 8 digitaalista turvatuloa ja 8 digitaalista turvalähtöä.

### 7.2.2 Operointipaneeli

Vanha käyttöliittymä oli toteutettu liittämällä Siemens-logiikkaan Proface-merkkinen kosketusnäytöllinen operointipaneeli. AC500-logiikkaan on saatavana erikokoisia kosketusnäytöllisiä operointipaneeleja. Valinta tehtiin koon perusteella. Koska täysin samoilla mitoilla olevaa paneelia ei löytynyt, tehtiin valinta siten, että valittu operointipaneeli CP651 on entistä operointipaneelia hieman suurempi, joten paneelin aukko voidaan suurentaa sopivaksi.

### 7.2.3 Väylät

Rikastamolla on laajasti käytössä kenttäväyliä sähkömoottorikäyttöjen ohjauksessa. Sähkömoottorikäyttöjen ohjauksessa käytössä on Profibus- ja Profinet-kenttäväylät. Väylien käytössä ollaan siirtymässä Profinettiin, ja kaikki uudet laitteiden ohjaukset toteutetaan Profinetillä. GEHO-pumppujen vanha ohjaus on toteutettu kokonaan I/O-ohjauksena. Päämoottorin taajuusmuuttajaa ja pienempien moottorien Simocode-lähtöjä ohjataan I/O:lla. Automaatiojärjestelmän ja logiikan välinen liikennöinti on myös toteutettu I/O:lla. Muutoksessa on tarkoituksena purkaa I/O-ohjaukset pois ja toteuttaa logiikan ja moottorilähtöjen välinen liikennöinti Profinet-väylällä. Kentälle tulevan uuden logiikan ja automaatiojärjestelmän välinen liikennöinti toteutetaan Modbus TCP/IP-väylällä.

### 7.2.4 Taajuusmuuttaja

Kaivoksella on pääasiassa käytössä kaksi taajuusmuuttajamallia: vanhempi ACS800 ja uudempi ACS880. Kaivoksella ollaan siirtymässä ACS880-malliin ja uudet laitteet toteutetaan ACS880-taajuusmuuttajalla. GEHO-pumpun päämoottorin ohjauksessa on käytetty ACS800-taajuusmuuttajaa. Koska laitteistoon tehdään suuria muutoksia, vaihdetaan vanha ACS800-taajuusmuuttaja ACS880-malliin. ACS880-malli tukee Profisafe-järjestelmää, joka mahdollistaa laajat turvatoiminnot (ABB Group 2016). Profisafe-turvajärjestelmä on tarkoitus rakentaa myöhemmin tähän laitteistoon. ACS880-mallin tilalle on tulevaisuudessa helpompi saada varalaitteita, kuin pikkuhiljaa käytöstä poistuvan ACS800-mallin.

### 7.2.5 Älykäs moottorilähtö

Valittaessa älykkäitä moottorilähtöjä oli vaihtoehtoina ABB UMC ja Siemens Simocode. Kaivoksella on käytössä Siemens Simocodella toteutettuja moottorilähtöjä, sekä Profibus-, että Profinet-ohjattuina. ABB UMC -moottorilähtöjä on tulossa käyttöön lähitulevaisuudessa rakennettaviin järjestelmiin Profinet-ohjattuina. ABB UMC -moottorilähdön etuna on, että käytettäessä ABB automaatiojärjestelmää ja logiikoita, ohjelmointityökalut sisältävät valmiita kirjastoja

ABB:n laitteista. Kytettäessä erimerkkisiä laitteita ABB-järjestelmiin tuottaa se enemmän työtä ohjelmointivaiheessa.

Valinnassa päädyttiin Siemens Simocode pro V Profinet-ohjattavaan moottorilähtöön, koska se tukee Profisafe-turvajärjestelmää (Siemens Osakeyhtiö 2016), joka on tarkoitus rakentaa tähän laitteistoon. ABB UMC ei tue kyseistä järjestelmää.

#### 7.2.6 Muut laitteet

Revision yhteydessä logiikan jännitelähde vaihdetaan kahdennetuksi ja samantyyppiseksi, kuin muut käytössä olevat jännitelähteet. Kahdennettu jännitelähde mahdollistaa rikkoutuneen jännitelähteen vaihdon sammuttamatta logiikkaa.

Vanhassa ohjauksessa logiikan erillisiä kortteja ja piirejä ei ole mahdollista erottaa. Uudessa systeemissä logiikan jännitesyöttö toteutetaan siten, että CPU:lle ja I/O-korteille tulee omat jännitesyötöt. Logiikan tulot tulevat yhden sulakkeen taakse ja lähdöille tulee kaikille oma sulake. Kenttäkoteloon vaihdetaan piirien erotuksen mahdollistavat veitsityypiset riviliittimet.

#### 7.3 Piiri- ja layout-suunnittelu

Vanhasta asennuksesta oli olemassa logiikan ja instrumenttien osalta pumpun valmistajan toimittamat PDF-muotoiset piirikaaviot ja koteloiden layout-kuvat. Moottorilähdöistä oli olemassa dwg-muotoiset piirikaaviot. PDF-muotoisia kuvia ei pysty muokkaamaan, joten oli tärkeää saada piirikaaviot ja layout-kuvat piirrettyä dwg-muotoon, jotta ne ovat muokattavissa ja arkistoitavissa samaan tapaan muiden sähkökuvien kanssa. Samalla niihin piirrettiin tulevat muutokset johdotuksen ja laitelayoutin osalta. Vanhoista kuvista tehtiin purkukuvat vanhojen vaihdettavien asennusten purkua varten.

Piirikaaviot, väyläkaavio ja layout-kuvat piirrettiin käyttäen pohjana yhtiön arkistoista löytyviä kuvia. Kytentöihin suunniteltiin uusien komponenttien takia tarvittavat muutokset ristikytentään ja sähkönsyöttöihin. Ristikytentä suun-

lussa käytettiin apuna AC500-logiikan manuaaleja. Instrumenttien ja toimilaitteiden piirikaaviot löytyvät liitteistä 4-7. Koteloiden layout-kuvat löytyvät liitteistä 10 ja 11. Logiikkakotelon pääkaavio, johon on suunniteltu sähkönsyöttöjen muutokset löytyy liitteestä 8 ja alustava väyläkaavio liitteestä 9.

Moottorilähtöjen piirikaaviot, joista löytyi muokattavissa olevat dwg-kuvat, muokattiin väyläohjaukseen sopiviksi. Taajuusmuuttajalähtö pysyy samana, mutta taajuusmuuttajatyypin ja ohjaustapa muuttuvat. Taajuusmuuttajan lähdön piirikaavioon vaihdettiin ACS880. tyyppinen taajuusmuuttaja siten, että poistettiin vanhoista piirikaavioista ACS800-taajuusmuuttaja ja taajuusmuuttajan ja riviliittimien välinen ristikytkentä. Seuraavaksi kopioitiin vastaavasta ACS880-taajuusmuuttajalla toteutetusta moottorilähdöstä taajuusmuuttaja piirikaavioon. Ristikytkentä piirrettiin riviliittimien ja uuden taajuusmuuttajan välille. Kuviin lisättiin vielä Profinet-väyläliityntä ja poistettiin logiikalta tulevat tarpeettomiksi jäävät I/O-ohjaukset. Taajuusmuuttajalähdön piirikaavio on liitteessä 1.

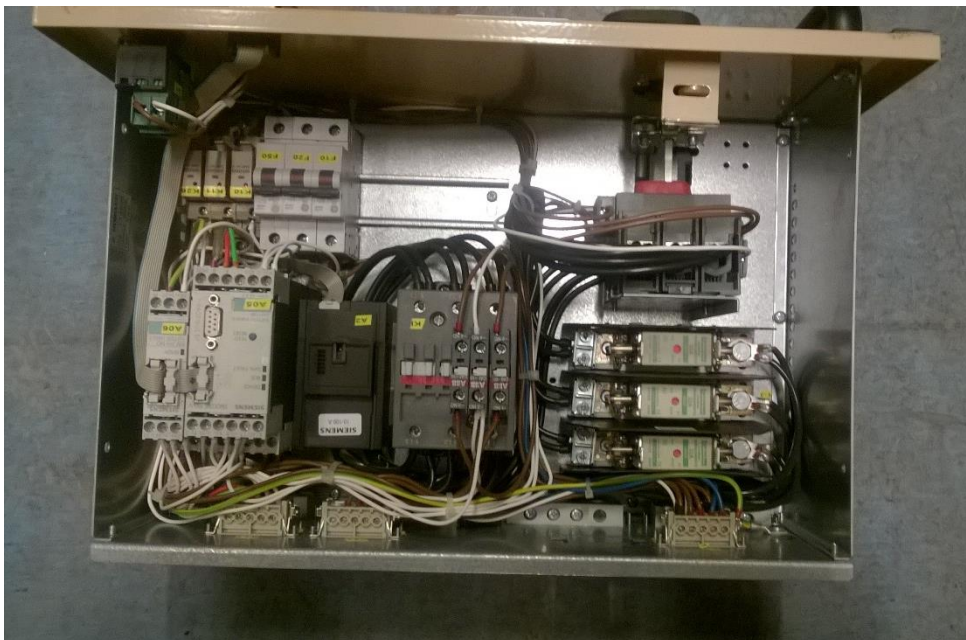
Kahdelle pienemmälle suoralle lähdölle jouduttiin valitsemaan uudet isommat lähdöt, jotka kalustetaan uudestaan, ja joihin kaapelit käännetään vanhoista lähdöistä (Kuva 12), koska uusien ohjauksien kalustus ei olisi mahtunut vanhoihin lähtiin.



Kuva 12. Vanhat suorat moottorilähdöt

Lähdön suunnittelussa käytettiin pohjana vanhoja piirikaavioita. Niistä poistettiin I/O-ohjaukset ja alun perin toteuttamatta jääneet paikallisohtaukset, jotka löytyi-

vät vielä kuvista. Koska I/O-ohjaukset poistettiin, jäi Simocode-releen I/O-lisämoduuli tarpeettomaksi. Sen tilalle vaihdettiin Profisafe-moduuli. Kuviin lisättiin Profinet-väyläohjaus ja suunniteltiin Profisafe-moduulilla toteutettavat hätäseis kytkennät. Hätä-seis toiminto vaatii oman kontaktorin ja käyntikontaktorin ohjaus piti siirtää Profisafe-moduulin ohjaamaksi. Aikaisemmin I/O-lisämoduulin tuloon tuotu kenttähäiriötieto siirrettiin Simocode-releen basic unitin vapaaseen tuloon. Molemmista moottorilähdöistä tehtiin identtisiä, joten yhden lähdön piirikaaviot voitiin pienillä muutoksilla hyödyntää toisessa lähdössä. Piirikaavioiden lisäksi tehtiin samalla työohjeet asentajille. Kuvassa 13 on käyttöön tuleva isompi moottorilähtö. Suorien moottorilähtöjen piirikaaviot ovat liitteissä 2 ja 3.



Kuva 13. Isompi moottorilähtö

#### 7.4 Positiointi

Laitteiden ja keskusten positiointi muutettiin yhtenäiseksi muun laitteiston kanssa. Pumppukoneikon laitteistoa oli käsitelty positiointinissa yhtenä laitteena. Laitteen instrumentit ja toimilaitteet saivat omat positiot. Keskuskoteloiden nimeäminen oli suoritettu laitetoimittajan toimesta. Koteloille vaihdettiin tehtaan käytäntöjen mukaiset nimet dokumentoinnin yhtenäistämiseksi.

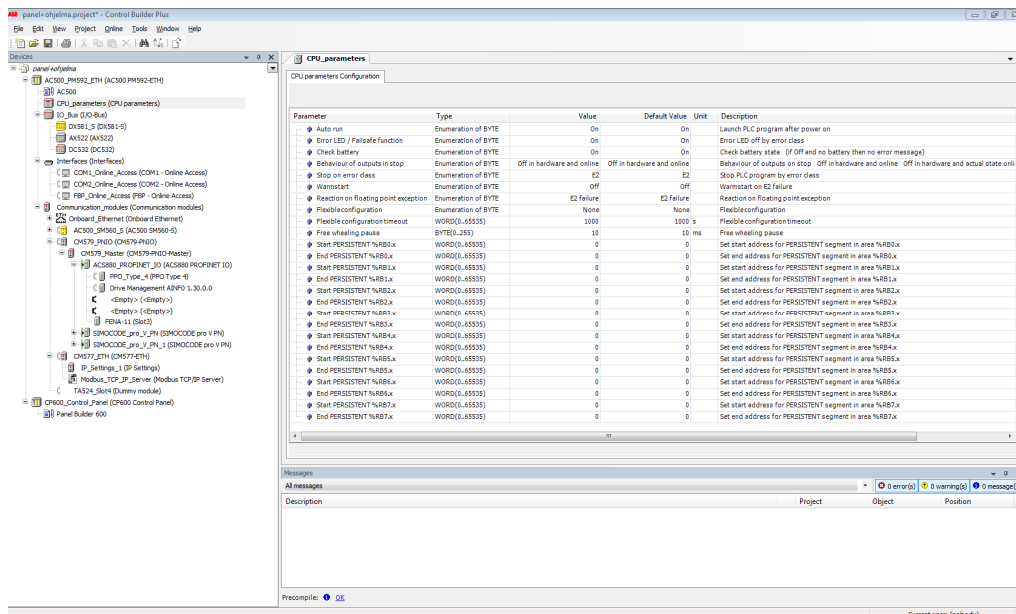


## 7.5 Sovellussuunnittelu

Sovellussuunnittelu aloitettiin paneutumalla käytettävissä olevaan aineistoon. Pumpun vanhasta ohjauksesta on olemassa hyvät dokumentit. Tärkeimpiä dokumentteja perehtymisessä olivat logiikkaohjelman toimilohkokaavio, laitteiston toiminnankuvaus, operointipaneelin sovelluksen käyttöohje, instrumenttiluettelo, piirikaaviot ja pumpun käyttöohje. Pumpun käyttöohje löytyi sekä suomen- että englanninkielisenä. Muut dokumentit olivat englanninkielisiä.

### 7.5.1 Konfigurointi

Konfiguroinnissa (Kuvio 8) sovellukseen valittiin käyttöön tuleva laitteisto: CPU, kommunikointimoduulit, I/O-kortit ja väylään liitettävät laitteet. I/O-korttien ja väylälaitteiden käyttöön tulevat tulot ja lähdöt nimettiin I/O mappings osiossa. Laitteiden IP-osoitteet ja taajuusmuuttajan ohjauksessa käytettävä PPO-tyyppi valitaan myös konfigurointivaiheessa. Modbus-liikennöintiä varten nimetään logiikka joko Modbus Master- tai Modbus Slave-laitteeksi. Taajuusmuuttajan PPO-tyyppi valittiin PPO 4-tyypiksi ja logiikka määriteltiin Modbus Masteriksi.



Kuvio 8. Konfigurointi

### 7.5.2 Ohjelmointiympäristö

Sovellussuunnittelu alkoi Automation builderin ja Codesys-ohjelmointiympäristön käytön harjoittelulla. Ohjelmointi aloitettiin ohjelmoimalla laitevalmistajan toimilohkokaavion mukaan pieniä helposti ymmärrettäviä osakokonaisuuksia. Niistä siirryttiin aina isompiin kokonaisuuksiin. Vaikka dokumentin ohjelmointikieli Codesysin CFC-kieltä muistuttaakin, ei kaikissa tapauksissa täysin vastaavaa toimilohkoa Codesysistä löytynyt. Väyläohjaukseen vaadittavat toiminnot puuttuivat dokumentista myös kokonaan, koska vanhassa laitteistossa niitä ei ollut. Seuraavissa luvuissa on selostettu ohjelmoidut toiminnot pääpiirteittäin.

### 7.5.3 Potkurinestepumppu

Potkurinestepumppu käynnistetään voiteluöljypumpun kanssa apulaitteiden käynnistyskomennolla. Potkurinesteen paineesta riippuen pumppu joko käynnistyy, tai menee valmiustilaan (standby). Valmiustilassa pumppu odottaa potkurinesteen paineenlaskun aiheuttamaa käynnistyskäskyä. Pumppu sammutetaan ja käynnistetään, joko automaatiojärjestelmästä tai operointipaneelilta. (Weir Netherlands 2008d, 10, 22.)

### 7.5.4 Voiteluöljypumppu

Voiteluöljypumppu käynnistetään potkurinestepumpun kanssa apulaitteiden käynnistyskomennolla joko automaatiojärjestelmästä tai operointipaneelilta. Pumppu sammutetaan joko automaatiojärjestelmästä tai operointipaneelilta. Pumppu sammuu vasta kun mäntäpumpun pyörimisnopeus on alle 1 sykli minuutissa. (Weir Netherlands 2008d, 20, 21.)

### 7.5.5 Mäntäpumppu

Mäntäpumpun ohjaus sisältää pumpun käynnistys- ja trippausehdot. Ennen kuin pumpun moottori voidaan käynnistää, pitää käynnistysehtojen täytyä, eikä trippaus saa olla päällä. Trippausehtojen täytyessä käyvä moottori pysähtyy. Kau-

ko-ohjauksessa trippaus pysäyttää myös apulaitteet. Moottori voidaan käynnistää, ja sille voidaan antaa nopeusohje ohjauspaikasta riippuen, joko automaatiojärjestelmästä tai operointipaneelilta. (Weir Netherlands 2008d, 21-22, 24-26.)

Pumpun todellinen pyörimisnopeus laskettiin taajuusmuuttajan maksimipyörimisnopeudesta ja pumpun välityssuhteesta. Nopeus skaalattiin ohjelmassa todelliselle pyörimisnopeusalueelle, jonka yksikkö on SPM (tahtia minuutissa).

#### 7.5.6 Venttiilien ohjaukset

Kalvokoteloiden täyttö- ja tyhjennysrajat ohjaavat potkurinesteen täyttö- ja tyhjennysventtiilejä ja säätelevät potkurinesteen määrää. Säättötoiminto on käytössä, kun mäntäpumppu pyörii yli 5 sykliä minuutissa. Kun kalvo tulee rajalle se ohjaa täyttö- tai tyhjennysventtiilin auki. Rajatiedon poistumisen jälkeen venttiili pysyy määrätyn viiveen ajan auki. Saman kotelon täyttö- ja tyhjennysventtiili eivät voi olla yhtäaikaan auki. Tyhjennystoiminto on vahvempi ja sammuttaa täyttötoiminnon. Viiveaika, jonka venttiilit ovat rajatiedon poistumisen jälkeen auki, säätyy mäntäpumpun pyörimisnopeuden mukaan kaavalla:

$$t=(30/spm)+1[sec] \quad (\text{Weir Minerals 2008b, 4}) \quad (1)$$

Viive lyhenee pyörimisnopeuden kasvaessa, eli säätö nopeutuu. Säädön ei toivottu toiminta aiheuttaa hälytyksen. (Weir Netherlands 2008d, 4-6, 8.)

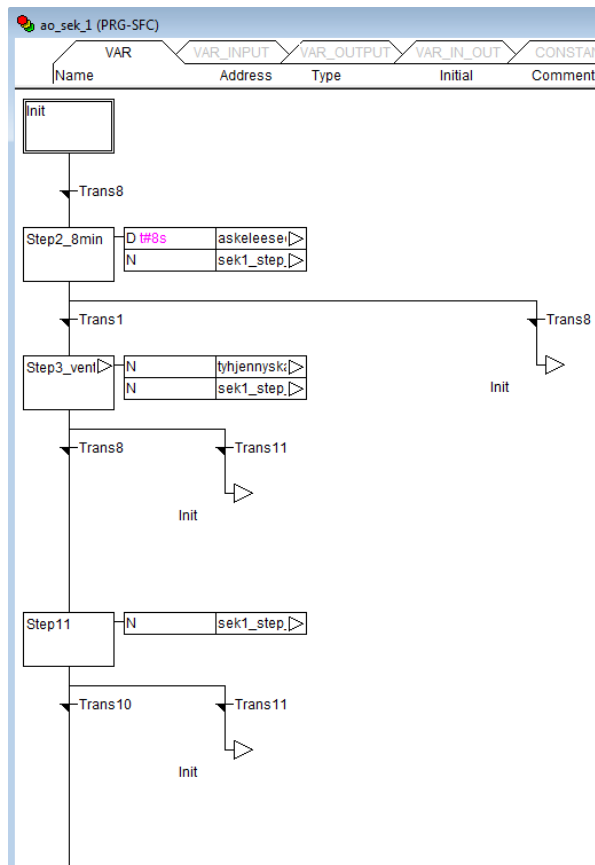
#### 7.5.7 Mittaukset

Öljyn lämpötilan, potkurinesteen paineen, sekä purkupaineen mittauksille katsottiin viritysalueet pumpun toimittajan instrumenttiluettelosta. Luettelosta löytyi viritysalueet, hälytysrajat, sekä rajat potkurinesteen paineensäätöön. Mittaukset skaalattiin näyttämään todellista aluetta LINTRAFO-toimilohkoilla. Samasta toimilohkosta saa myös vikatiedon, joka ilmoittaa jos mittaus on määritellyn alueen ulkopuolella. Hälytystiedot ohjelmoitiin vertailijatoimilohkolla LIMITALARM. Hälytystietoja käytettiin sovelluksessa lukituksiin ja hälytyksiä ilmaistiin valoilla

operointipaneelilla. Myös mittausten todelliset numeroarvot tuotiin operointipaneelille. Potkurinesteen paineensäätö toteutettiin HYSTERESIS-toimilohkolla. Koska pumppua ohjataan suoralla lähdöllä, painetta säädetään kytkemällä pumppua päälle ja pois päältä.

#### 7.5.8 Automaattinen tyhjennyssekvenssi

Tyhjennyssekvenssi oli malliohjelman dokumentissa tehty toimilohkoilla, mutta koska ohjelma oli sekvenssityyppinen ja sisälsi eri vaiheita ja ajastimia, se päätettiin toteuttaa sekvenssiohjelmointikielellä. Jokaiselle neljälle kalvokotelolle tuli oma itsenäisesti toimiva sekvenssi (Kuvio 9).



Kuvio 9. Automaattinen tyhjennyssekvenssi

Sekvenssit lähtevät päälle, kun päämoottori käy ja pumppu pyörii yli 5 sykliä minuutissa. Sekvenssi palaa alkuaskeleeseen reset-painikkeella, tai kun jompikumpi käynnistysehto poistuu. Sekvenssin käynnistyttyä noin kymmenen minuutin kuluttua alkaa tyhjennys. Aika on hieman eri joka kotelolla. Tyhjennys-

toiminto antaa tyhjennysventtiilille puolen sekunnin pulssin 5, 9, 13 ja taas 5, 9 ja 13 sekunnin välein. Tämä kierto jatkuu niin kauan, että kammion täyttöraja aktivoituu. Kun kammio on täyttynyt ja kalvo poistunut täyttörajalta käynnistyy tunnin aikalaskuri, jonka jälkeen sama tyhjennystoiminto toistuu. Tämä toistuu tunnin välein siihen asti, että sekvenssi nollataan alkuaskeleeseen aikaisemmin mainituilla toimenpiteillä.

#### 7.5.9 Väyläohjaustoiminnot

Simocode-releen tulot ja lähdöt määritellään konfigurointivaiheessa. Määrittelyn jälkeen niihin voi viitata ohjelmassa, kuin mihin tahansa tuloon tai lähtöön.

Taajuusmuuttajan tulot ja lähdöt määritellään myös konfigurointivaiheessa. Taajuusmuuttajissa käytettävä tilasana pitää purkaa ja komentosana pakata soveluksessa, että voidaan lukea ja kirjoittaa yksittäisiä bittejä. Tila- ja komentosanan purku ja pakkaus suoritettiin PACK-, EXTRACT- ja PUTBIT-toimilohkoilla. Sanojen bittejä käytetään ohjauksessa määrättyssä järjestyksessä. Komentosanan bittijärjestys näkyy taulukossa 1.

Taulukko 1. Kommentosana (ABB 2016c, 339-341)

Bit	Name	Value	STATE/Description	
			Speed control mode	Positioning mode
0	ON	1	Proceed to <b>READY TO OPERATE</b> .	
	OFF1	0	Emergency OFF, stop by the selected deceleration ramp. Proceed to <b>OFF1 ACTIVE</b> ; proceed further to <b>READY TO SWITCH ON</b> unless other interlocks (OFF2, OFF3) are active.	
1	OFF2	1	Continue operation (OFF2 inactive).	
		0	Emergency OFF, coast to stop. Proceed to <b>OFF2 ACTIVE</b> ; proceed further to <b>SWITCH-ON INHIBIT</b> .	
2	OFF3	1	Continue operation (OFF3 inactive).	
		0	Emergency stop, stop according to fastest possible deceleration mode. Proceed to <b>OFF3 ACTIVE</b> ; proceed further to <b>SWITCH-ON INHIBIT</b> . Warning: Ensure motor and driven machine can be stopped using this stop mode.	
3	OPERATION_ENABLE	1	Proceed to <b>ENABLE OPERATION</b> .	
		0	Inhibit operation. Proceed to <b>OPERATION INHIBIT</b> .	
4	ENABLE_RAMP_GENERATOR or TRAVERSING_TASK	1	Normal operation. Proceed to <b>RAMP FUNCTION GENERATOR: ENABLE OUTPUT</b> .	Normal operation. Do not reject traversing task.
		0	Stop according to selected stop type.	Reject traversing task.
5		1	Normal operation. Proceed to <b>RAMP FUNCTION GENERATOR: ENABLE ACCELERATION</b> .	Normal operation. No intermediate stop.
		0	Halt ramping (Ramp Function Generator output held).	Intermediate stop

Bit	Name	Value	STATE/Description	
			Speed control mode	Positioning mode
6		1	Normal operation. Proceed to <b>OPERATING</b> . Note: This bit is effective only if the fieldbus interface is set as the source for this signal by drive parameters.	Activate traversing task (0 → 1). This is a toggle bit; each rising edge of signal enables a traversing task or a new set point.
		0	Force Ramp Function Generator input to zero.	
7	RESET	0 → 1	Fault reset if an active fault exists. Proceed to <b>SWITCH-ON INHIBIT</b> . Note: This bit is effective only if the fieldbus interface is set as the source for this signal by drive parameters.	
		0	(Continue normal operation)	
8	JOGGING_1		Jogging 1 (Not supported by all drive types)	
9	JOGGING_2		Jogging 2 (Not supported by all drive types)	
10	REMOTE_CMD	1	Fieldbus control enabled	
		0	Control word < 0 or reference < 0: Retain last Control word and reference. Control word = 0 and reference = 0: Fieldbus control enabled.	
11		1	Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 933	Start homing procedure.
		0		Stop homing procedure.
12			Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 934. As default mapped to Drive Main CW bit 12.	
13			Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 935. As default mapped to Drive Main CW bit 13.	
14			Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 936. As default mapped to Drive Main CW bit 14.	
15			Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 937. As default mapped to Drive Main CW bit 15.	

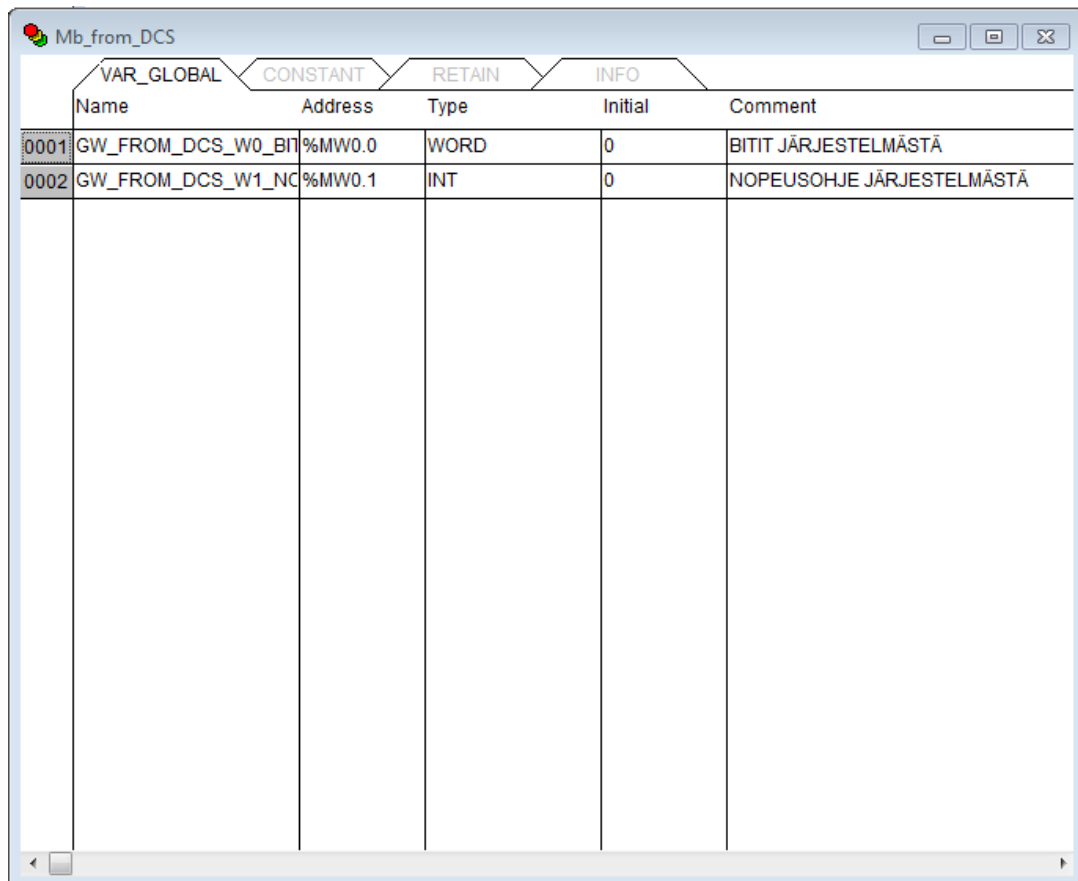
Komentosanasta käytettiin bittejä 1 ja 7. Bitit 2-6 ja 10 pakotettiin ykkösiksi. Bitiä 1 käytettiin moottorin käynnistämiseen ja pysäyttämiseen ja bittiä 7 taajuusmuuttajan resetoointiin. Tilasanasta luettiin bitit 0-3, sekä 7. Bitistä 0 luettiin valmiustieto, biteistä 1 ja 2 käyntitieto, bitistä 3 vikatieto ja bitistä 7 hälytystieto. Tilasanan bittijärjestys näkyy taulukossa 2.

Taulukko 2. Tilasana (ABB 2016c, 341-342)

Bit	Name	Value	STATE/Description	
			Speed control mode	Positioning mode
0	RDY_ON	1	READY TO SWITCH ON	
		0	NOT READY TO SWITCH ON	
1	RDY_RUN	1	READY TO OPERATE	
		0	OFF1 ACTIVE	
2	RDY_REF	1	ENABLE OPERATION	
		0	OPERATION INHIBIT	
3	TRIPPED	1	FAULT	
		0	No fault	
4	OFF_2_STA	1	OFF2 inactive	
		0	OFF2 ACTIVE	
5	OFF_3_STA	1	OFF3 inactive	
		0	OFF3 ACTIVE	
6	SWC_ON_INHIB	1	SWITCH-ON INHIBIT ACTIVE	
		0	SWITCH-ON INHIBIT NOT ACTIVE	
7	ALARM	1	Warning/Alarm	
		0	No Warning/Alarm	
8	AT_SETPOINT	1	OPERATING. Actual value equals reference value (= is within tolerance limits).	
		0	Actual value differs from reference value (= is outside tolerance limits).	
9	REMOTE	1	Automation system is requested to assume control.	
		0	Control by automation system is not possible. Control is possible only at the device or by another interface.	
10		1	Actual frequency or speed value equals or is greater than supervision limit.	Target position reached.
		0	Actual frequency or speed value is within supervision limit.	Not at target position
11		1	Mapped to PROFIdrive SW bit 11.	Homing procedure was executed and is valid.
		0	Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 939. As default mapped to PROFIdrive SW bit 11.	No valid home position available.

Bit	Name	Value	STATE/Description	
			Speed control mode	Positioning mode
12		1	Mapped to PROFIdrive SW bit 11. Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 940. As default mapped to PROFIdrive SW bit 12.	Traversing task acknowledgement (0 → 1)
		0		
13		1	Mapped to PROFIdrive SW bit 11. Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 941. As default mapped to PROFIdrive SW bit 13.	Drive stopped.
		0		Drive moving. Traversing task is executed (n <> 0).
14			Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 942. As default mapped to PROFIdrive SW bit 14.	
15			Vendor-specific bit as defined by PROFIdrive parameter 943	

Modbus kommunikointia varten logiikka konfiguroitiin Masteriksi. Kommunikointia varten määriteltiin sanat muistipaikkoihin Codesys-ohjelmassa (Kuvio 10). Automaatiojärjestelmästä tulevat ja sinne lähtevät sanat pitää määritellä erikseen. Analogiset tiedot tarvitsevat kaikki oman sanansa ja yhteen sanaan voidaan tallentaa 16 digitaalista arvoa. Logiikan ja automaatiojärjestelmän välille tarvittiin viisi tulevaa ja viisi lähtevää digitaalista tietoa ja yksi tuleva ja yksi lähtevä analoginen tieto. Piti siis määritellä 4 osoitetta tiedonvaihtoon.



	VAR_GLOBAL	CONSTANT	RETAIN	INFO	
	Name	Address	Type	Initial	Comment
0001	GW_FROM_DCS_W0_BIT	%MW0.0	WORD	0	BITIT JÄRJESTELMÄSTÄ
0002	GW_FROM_DCS_W1_NC	%MW0.1	INT	0	NOPEUSOHJE JÄRJESTELMÄSTÄ

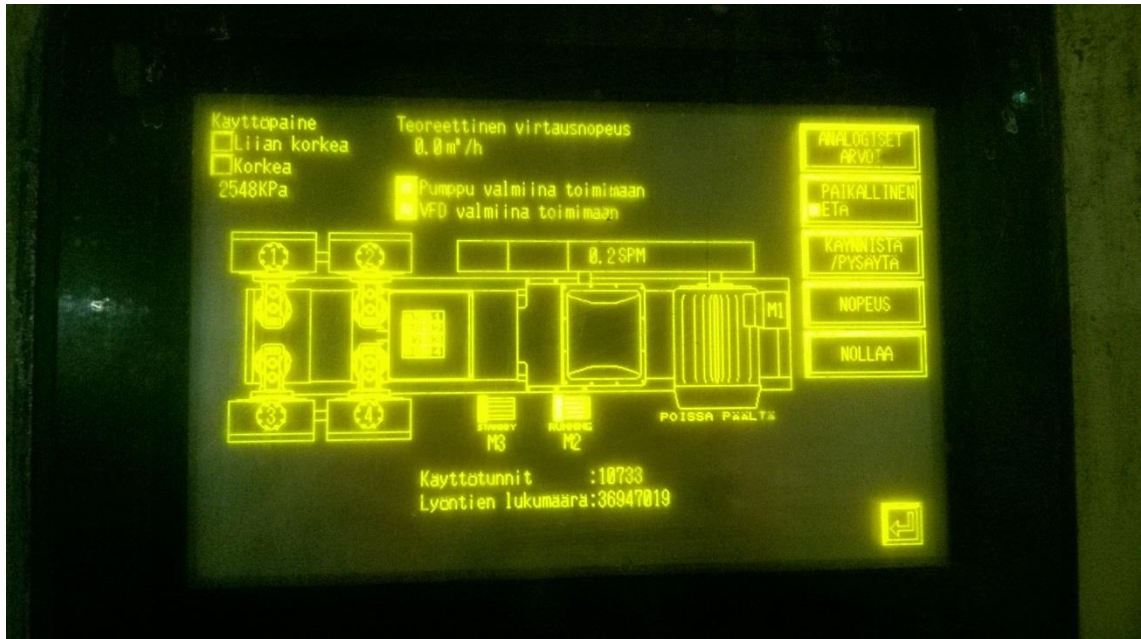
Kuvio 10. Automaatiojärjestelmästä tulevat tiedot

Tulevat digitaaliset tiedot on purettava sanasta, ja lähtevät digitaaliset tiedot pakattava sanaan. Purkaminen ja pakkaaminen onnistuu samaan tapaan samoilla toimilohkoilla, kuin Profinet tila- ja komentosanoissa. Analogiset arvot voidaan lukea ja kirjoittaa suoraan muistipaikoista.

#### 7.5.10 Käyttöliittymä

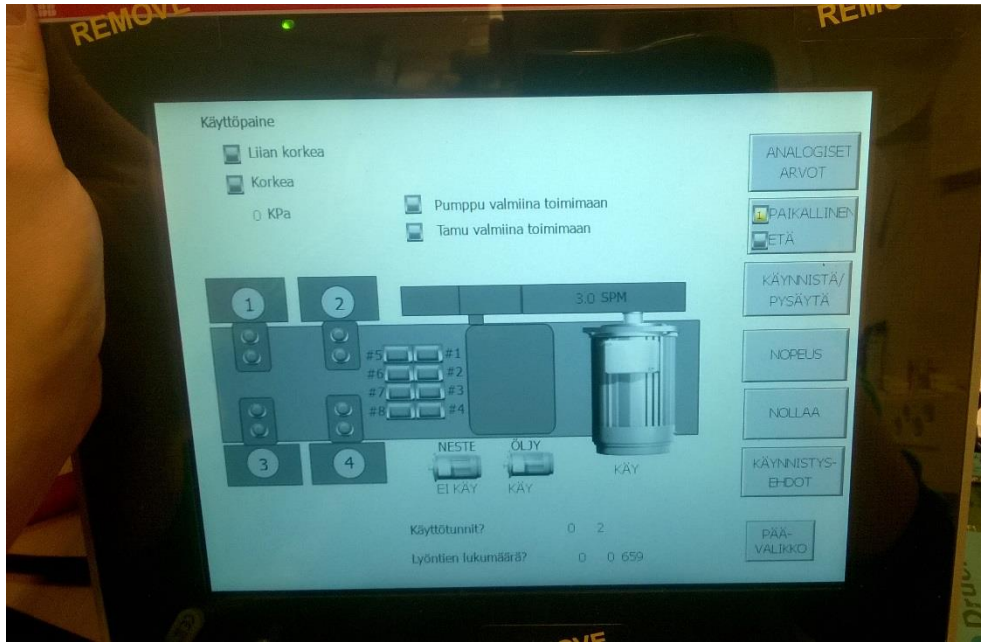
Vanhassa järjestelmässä käyttöliittymä oli toteutettu Siemensin logiikkaan liitettyllä Proface-merkkisellä kosketusnäytöllisellä operointipaneelilla. Paneeli sisälsi osaprosessien ohjaussivut, trendisivut, hälytyslistat, salasanaa suojatut huoltotoimenpidesivut ja arvojen ja rajojen muutokset mahdollistavat sivut (Weir Netherlands 2008c, 5-28). Kuvassa 14 näkyvä lehti on pääohjaussivu.





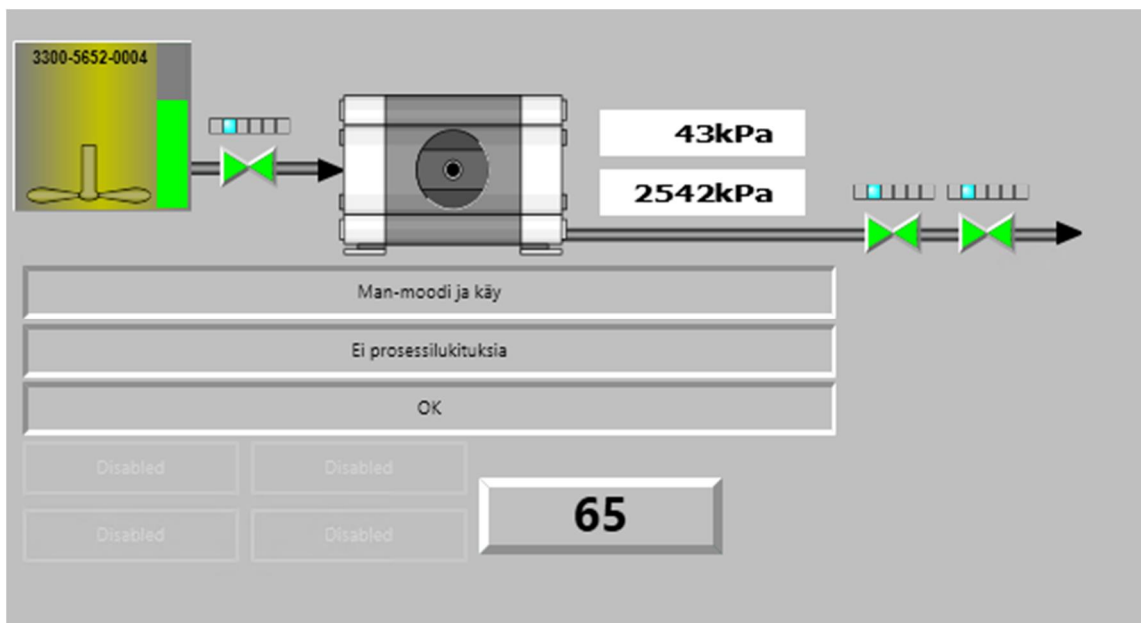
Kuva 14. Vanha operointipaneeli

Uusi operointipaneeli oli helpoin toteuttaa ABB AC500 -logiikan omalla CP600-operointipaneelilla. Käyttöliittymä pyrittiin tekemään visuaalisesti ja toiminnallisesti mahdollisimman samanlaiseksi vanhan käyttöliittymän kanssa. Uuteen ohjaukseen tehtiin kaikki sivut, jotka oli dokumenttien pohjalta mahdollista tehdä. Joitain sivuja jätettiin tarpeettomuuden, tai dokumenttien puutteellisuuden takia tekemättä. Paneelille lisättiin käyttöönottoa ja testausta helpottavia välilehtiä, joita vanhassa ei ollut. Näitä olivat lehti jolta pystyy seuraamaan automaattisen tyhjennyssekvenssin toimintaa, ja lista, josta näkee yhdeltä sivulta moottorien käyttöön liittyvät ehdot. Kuvassa 15 näkyvä käyttöliittymä on pääohjaussivu tehtynä ABB:n operointipaneeliin.



Kuva 15. Uusi operointipaneeli

Automaatiojärjestelmässä käyttöliittymä (Kuvio 11) on hyvin suppea ja se tul-  
laan tässä vaiheessa säilyttämään ennallaan. Joitain tietoja siihen voidaan lisä-  
tä toteutettujen muutosten jälkeen, koska se on helposti mahdollista Modbus  
TCP/IP liittymän ansiosta. Automaatiojärjestelmän käyttöliittymän laajennusta ei  
tämän opinnäytetyön puitteissa aleta kuitenkaan suorittamaan. Myös automaa-  
tiojärjestelmään tarvittavat muutokset on rajattu työn ulkopuolelle.



Kuvio 11 Automaatiojärjestelmän käyttöliittymä

Paneelin käyttöliittymä luotiin Automation builder ohjelmaan kuuluvalla Panel builder-ohjelmalla. Ohjelmalla pystyy piirtämään ja se sisältää lukuisia valmiita symboleita, kuten lamppuja, painikkeita, mittareita sekä prosessista löytyviä komponentteja, kuten moottoreita ja säiliöitä. Toiminnot ohjelmoidaan tekemällä viittaukset ohjattavaan tai luettavaan tagiin. Protokollana käytettiin ABB Codesys Ethernet protokollaa. Siinä voidaan Codesys-sovellusohjelmointiympäristössä ohjelmaan luodut tagit ladata tiedostoon, joka voidaan ladata Panel builder ohjelmointiympäristöön. Viittauksia voidaan tehdä suoraan mihin tahansa Codesys-sovelluksessa käytössä olevaan tagiin. Luotu sovellusohjelma ladataan Ethernet-liitynnän kautta operointipaneeliin.

#### 7.6 Taajuusmuuttajan ja Simocode-releiden parametointi

Laitteiden parametroidit suoritetaan käyttöönottovaiheessa. Parametointia voidaan nopeuttaa tekemällä parametrilistat, tai tiedostot etukäteen valmiiksi. Taajuusmuuttajan parametointi voidaan suorittaa joko laitteen paneelilta, PC-sovelluksen avulla lataamalla parametrit johdolla taajuusmuuttajaan, tai Profi-net-väylän kautta Automation Builder -sovelluksella. Simocode-rele parametroidaan PC-sovelluksen avulla.

## 8 TESTIYMPÄRISTÖ

Sovelluksen eri osakokonaisuuksia testattiin aluksi simuloimalla Codesys-ohjelman simulaattorissa. Kattavampaa testausta varten rakennettiin testiympäristö. Testiympäristössä kytkettiin käyttöjännitteet logiikalle, operointipaneelille, ja Simocode-releille. Logiikan liityntärajapinnalta CM579 kytkettiin Profinet-väylä kytkimen kautta rikastamon Ethernet-verkoon. Simocode-releet kytkettiin myös Ethernet-verkkoon kytkimen kautta. Taajuusmuuttajana käytettiin rikastamon sähkötilassa olevaa harjoituskäyttöön tarkoitettua taajuusmuuttajaa, johon on kytketty pieni moottori. Taajuusmuuttaja oli kytkettynä Profinet-kenttäväylään ja sitä pystyttiin ohjaamaan toimistolta logiikalla Ethernet-verkon kautta. Operointipaneeli liitettiin Ethernet-kaapelilla logiikkaan. Logiikan tuloja ohjaamaan kytkettiin DIP-kytkimet, joilla voitiin simuloida digitaalisten instrumenttien tilaa. Digitaalisten lähtöjen käyttäytymistä voitiin seurata I/O-kortin lähtöjen tilaa kuvaavista ledeistä. Analogisia tuloja voitiin haluttaessa ohjata ma-viestin lähettimellä.

Simocode-releiden tuloille kytkettiin ohjaukset jomppaamalla johdoilla, jotta saatiin poistettua aktiivisena olevat kenttä- ja keskushäiriöt. Releet ohjattiin myös test-tilaan, jolloin releen diagnostiikka ei reagoi siihen, että sillä ei ohjata oikeaa moottorilähtöä. Moottorin käynnistyskäskyn antava releen lähtö kytkettiin ohjaamaan suoraan käyntitietoa valvovaa tuloa. Testiympäristössä pystyttiin testaamaan sovellus operointipaneelilla toteutettavien ohjausten ja mittausten toiminnan, sekä kentältä tulevien ohjausten osalta.

Automaatiojärjestelmän kanssa käytävää Modbus-tiedonsiirtoa pystyttiin testaamaan siten, että logiikan Ethernet-rajapinta CM577 kytkettiin kytkimen kautta rikastamon Ethernet-verkkoon. Lisäksi Ethernet-verkkoon kytkettiin AC800xA-automaatiojärjestelmän Modbus-kortti, jonka kautta voitiin lukea tietoja ja tehdä ohjauksia logiikalle Modbus TCP/IP protokollan välityksellä. Automaatiojärjestelmän simulointia varten automaatiojärjestelmään tehtiin testiohjelma, josta voitiin antaa logiikalle käskyjä, ja lukea tilatietoja.

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyössä saatiin selvitettyä autoklaavin syöttöpumpun toiminta. Pumpun ohjauksen uudistamismahdollisuudet saatiin myös selvitettyä, ja vaihtoprosessissa tarvittavat dokumentit ja sovellus saatiin tuotettua.

Mahdollinen jatkoprojekti työlle on automaatiojärjestelmässä pumpun ohjaukseen käytettävän käyttöliittymän laajennus, sekä logiikan ja automaatiojärjestelmän välillä vaihdettavien tietojen lisääminen.

Opinnäytetyö oli erittäin mielenkiintoinen ja kehittävä. Se kehitti taitoja piiri- ja sovellussuunnittelussa, sekä teollisuusprosesseihin perehtymisessä.

Haastetta työhön toi useiden sovellusten käytön opetteleminen. Pumpun toimintaan perehtyminen ja toiminnan päättelyminen useiden dokumenttien pohjalta oli myös haastavaa.

## LÄHTEET

3S-Smart Software Solutions 2016. Yrityksen www-sivut. Viitattu 5.4.2016  
<https://www.codesys.com>.

ABB 2007. TTT-käsikirja. Viitattu 22.3.2016  
[http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/05\\_0\\_Automaation%20tietoliikenne.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/05_0_Automaation%20tietoliikenne.pdf).

ABB 2012. ACS800, single drives. Viitattu 22.3.2016  
[https://library.e.abb.com/public/00304cde3ac99374c12579fb00483a62/ACS800\\_single\\_drives\\_flyer\\_EN\\_REV\\_G.pdf](https://library.e.abb.com/public/00304cde3ac99374c12579fb00483a62/ACS800_single_drives_flyer_EN_REV_G.pdf).

ABB 2016a. FBP FieldBusPlug Kommunikoivat ohjaus- ja suojauskomponentit. Viitattu 22.3.2016  
[https://library.e.abb.com/public/d273b1c29b5b33c1c1257a8300235d42/FBP%20FieldBusPlug\\_FI%20lores.pdf](https://library.e.abb.com/public/d273b1c29b5b33c1c1257a8300235d42/FBP%20FieldBusPlug_FI%20lores.pdf).

ABB 2016b. Technical guide No. 1 Direct torque control - the world's most advanced AC drive technology. Viitattu 8.4.2016  
[https://library.e.abb.com/public/14f3a3ad8f3362bac12578a70041e728/ABB\\_Technical\\_guide\\_No\\_1\\_REVC.pdf](https://library.e.abb.com/public/14f3a3ad8f3362bac12578a70041e728/ABB_Technical_guide_No_1_REVC.pdf).

ABB 2016c. User's manual FENA-01/-11/-21 Ethernet adapter module. Viitattu 30.3.2016  
[https://library.e.abb.com/public/0a627ddc6eeb424c9b6c36fdbf6778ca/EN\\_FENA01\\_11\\_21\\_UM\\_C\\_A4.pdf](https://library.e.abb.com/public/0a627ddc6eeb424c9b6c36fdbf6778ca/EN_FENA01_11_21_UM_C_A4.pdf).

ABB Group 2016. Yrityksen www-sivut. Viitattu 5.4.2016 [www.abb.com](http://www.abb.com).

Agnico Eagle Finland Oy 2016. Yrityksen www-sivut. Viitattu 21.3.2016  
<http://www.agnicoeagle.fi/>.

Chen, J. 2016. All-compatible ABB industrial drives ACS880 series offering. Viitattu 29.3.2016  
[http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiVrZni-go7LAhXEkywKHa1AC1QQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww02.abb.com%2Fglobal%2Fseitp%2Fseitp202.nsf%2Fc71c66c1f02e6575c125711f004660e6%2Fc6ac1f286b37afd848257a9e00331f03%2F%24FILE%2FACS880\\_Joe%2BChen.ppt&usq=AFQjCNFLIEklrFOQ6VeFrFiVzVAMjsL4tA&bvm=bv.114733917,d.bGg](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiVrZni-go7LAhXEkywKHa1AC1QQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww02.abb.com%2Fglobal%2Fseitp%2Fseitp202.nsf%2Fc71c66c1f02e6575c125711f004660e6%2Fc6ac1f286b37afd848257a9e00331f03%2F%24FILE%2FACS880_Joe%2BChen.ppt&usq=AFQjCNFLIEklrFOQ6VeFrFiVzVAMjsL4tA&bvm=bv.114733917,d.bGg).

Danfoss 2016. PROFINET Operating Instruction. Viitattu 22.3.2016  
<http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/DCEBCCDE-7BA3-48A7-9A56-BBB327F00A39/0/MG90U202.pdf>.

Hietalahti, L. 2012. Säädetty sähkömoottorikäyttö. Tampere: Amk-Kustannus Oy, Tammertekniikka.

Ifm 2004. Ifm SI1002. Essen. Viitattu 6.5.2016  
<http://www.ifm.com/products/gb/ds/SI1002.htm>.

Ifm electronic GmbH 2016. Yrityksen www-sivut. Viitattu 21.3.2016  
<https://www.ifm.com/>.

Indian Profibus, Profinet Association 2016. PROFINET in Automotive Industry. Viitattu 22.3.2016 <http://slideplayer.com/slide/1632864/>.

Kallio, R. & Mäkinen, M.J.J. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki: Otava.

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatikka. Helsinki: WSOY.

Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima.

Modbus . IDA 2006. Modbus messaging on TCP/IP implementation guide V1.0b. Viitattu 21.3.2016  
[http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Messaging\\_Implementation\\_Guide\\_V1\\_0b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf).

Modbus Organization, Inc 2016. Yrityksen www-sivut. Viitattu 22.3.2016  
<http://www.modbus.org/>.

Pihkala, J. 2004. Prosessisuureiden mittaustekniikka. 2. painos. Helsinki: Opetushallitus.

PI Organization 2016. Yhdistyksen www-sivut. Viitattu 8.4.2016  
<http://www.profibus.com/>.

Pyykkö, T. 2012. Simatic net Profinet. Viitattu 22.3.2016  
<http://www.siemens.fi/pool/cc/events/turvatekniikka2012/profinet.pdf>.

Rosemount 2007. Rosemount 2088 Product data sheet.

Rosemount 2012. Rosemount 2088 pressure transmitter reference manual. Viitattu 3.5.2016  
<http://www2.emersonprocess.com/SITEADMINCENTER/PM%20ROSEMOUNT%20DOCUMENTS/00809-0100-4108.PDF>.

Siemens Osakeyhtiö 2011. Siemens Simocode Pro. Viitattu 11.4.2016  
<http://www.siemens.fi/pool/cc/events/turvatekniikka2012/simocode.pdf>.

Siemens Osakeyhtiö 2016. Yrityksen www-sivut. Viitattu 22.3.2016  
<http://www.siemens.fi/>.

Sivonen, M. 2008. Teollisuuden instrumentointi: rakenne ja suunnittelu. Helsinki: AEL.

Telemecanique 2007. Moottorinhallintajärjestelmä TeSys T antaa käynnistimellesi kuudennen aistin!. Viitattu 29.3.2016  
[http://fi.snb.leon.se/Downloads/PCP/TeSys\\_T\\_esite\\_fi.pdf](http://fi.snb.leon.se/Downloads/PCP/TeSys_T_esite_fi.pdf).

Weir Netherlands 2008a. Description of pump control system. Venlo.

Weir Netherlands 2008b. Instrument and equipment list. Venlo.

Weir Netherlands 2008c. Typical Manual HMI Panel. Venlo.

Weir Netherlands 2008d. ZPM 600 Logic diagram. Venlo.

Weir Minerals 2013. Cross section of Geho ZPM PD Pump. Viitattu 31.1.2016  
<http://www.weirminerals.com/images/cross-section-zpm-600.jpg>.

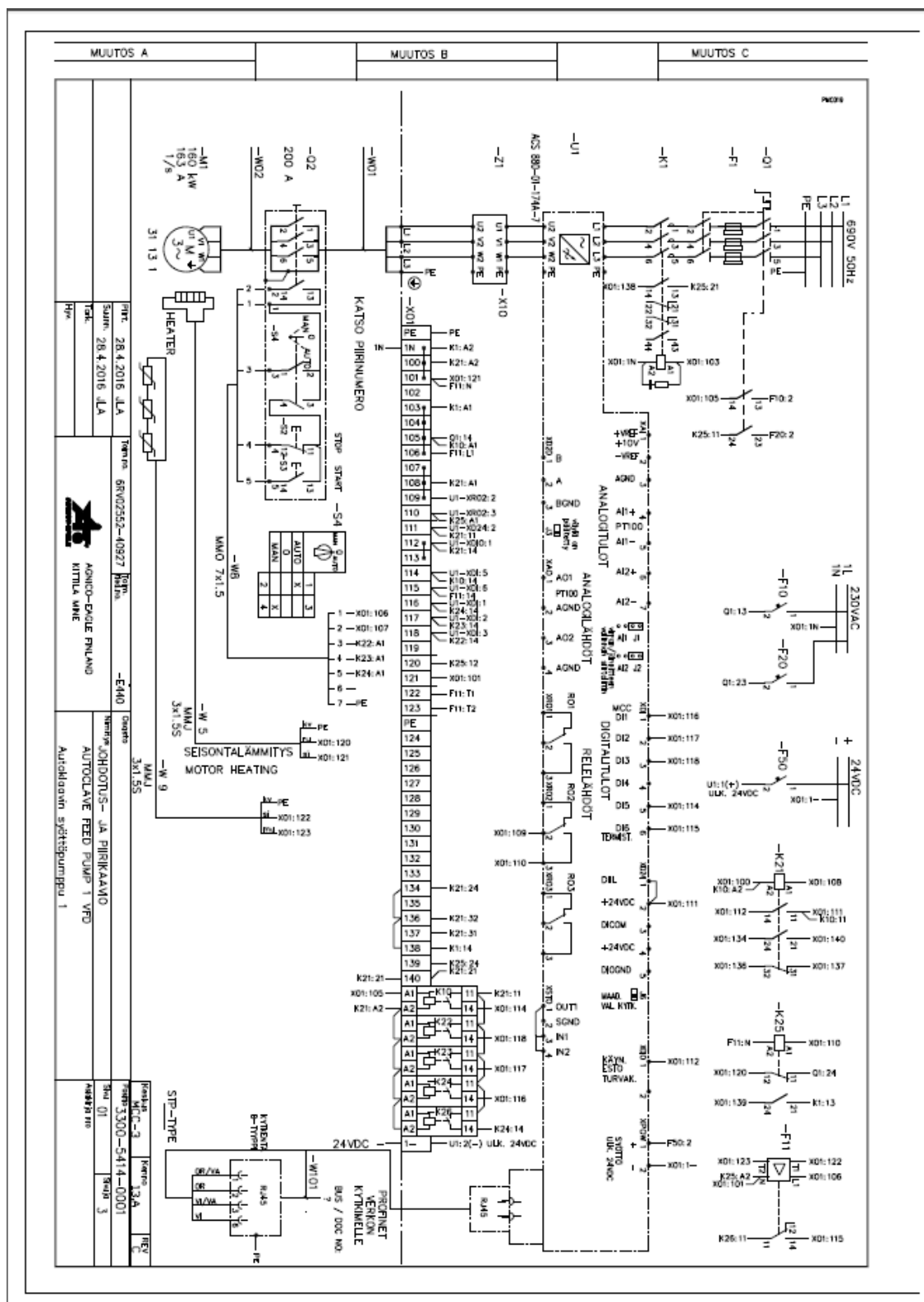
Weir Minerals Netherlands 2008. Käyttöopas asennusta, käyttöä ja kunnossapitoa varten. Venlo.



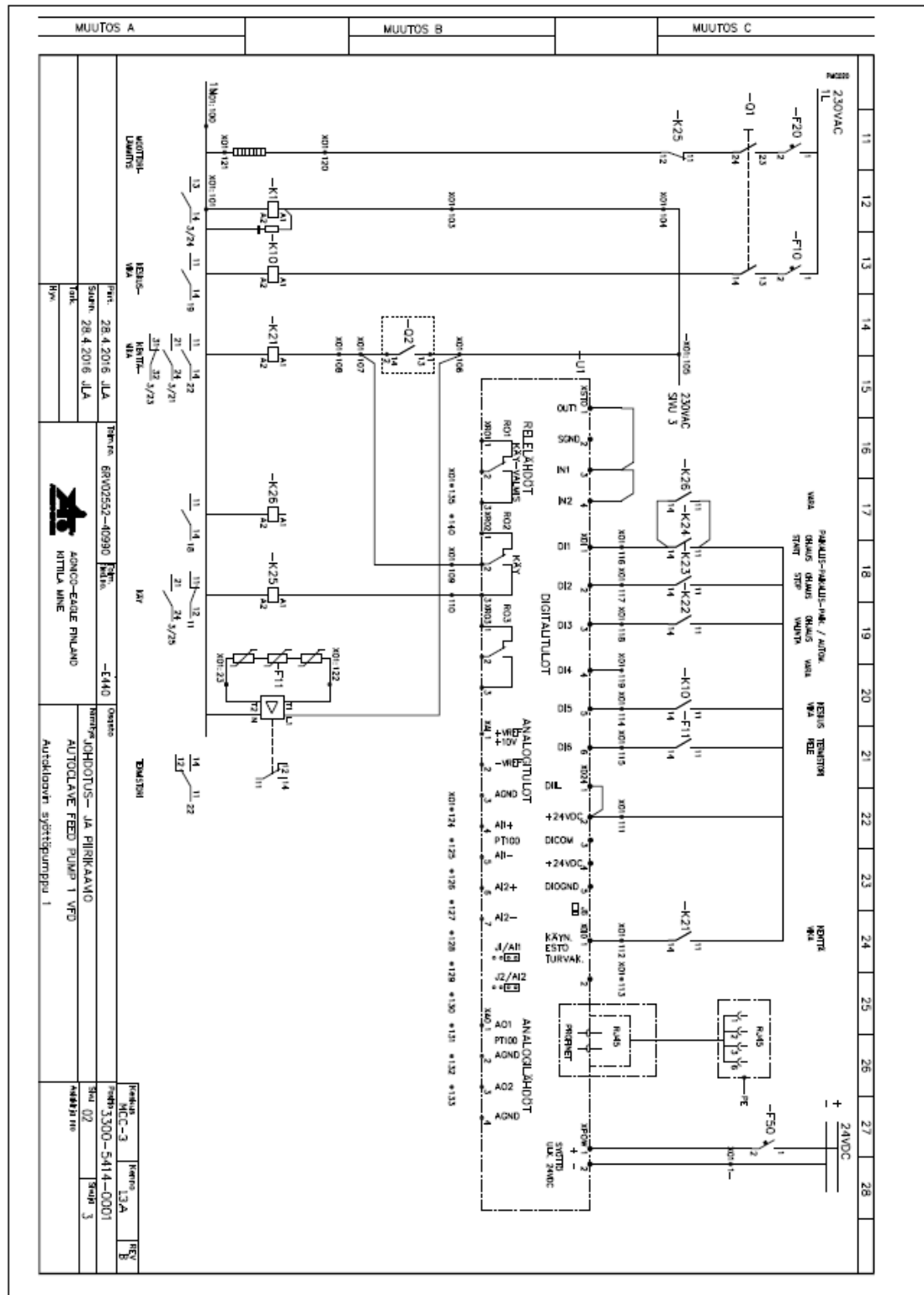
## LIITTEET

- Liite 1. Pumpun taajuusmuuttajalähtö, piirikaavio
- Liite 2. Potkurinestepumpun lähtö, piirikaavio
- Liite 3. Voiteluöljypumpun lähtö, piirikaavio
- Liite 4. Analogiset tulot, piirikaavio
- Liite 5. Digitaaliset tulot, piirikaavio
- Liite 6. Digitaaliset turvatulot, piirikaavio
- Liite 7. Digitaaliset lähdöt, piirikaavio
- Liite 8. Logiikkakotelon pääkaavio, piirikaavio
- Liite 9. Väyläkaavio, piirikaavio
- Liite 10. Logiikkakotelo layout, layout-kuva
- Liite 11. Jatkokotelo layout, layout-kuva

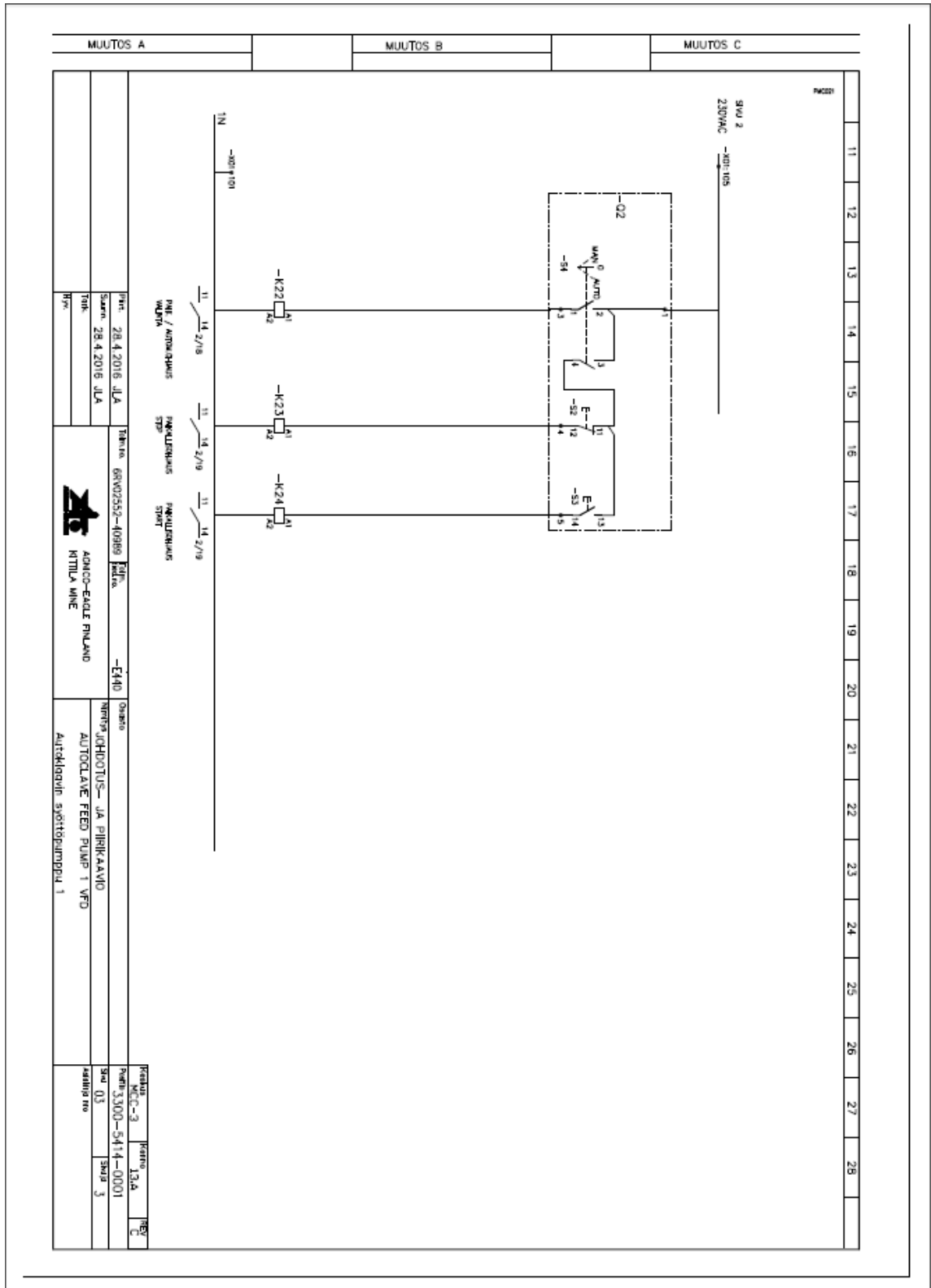
## Pumpun taajuusmuuttajalähtö



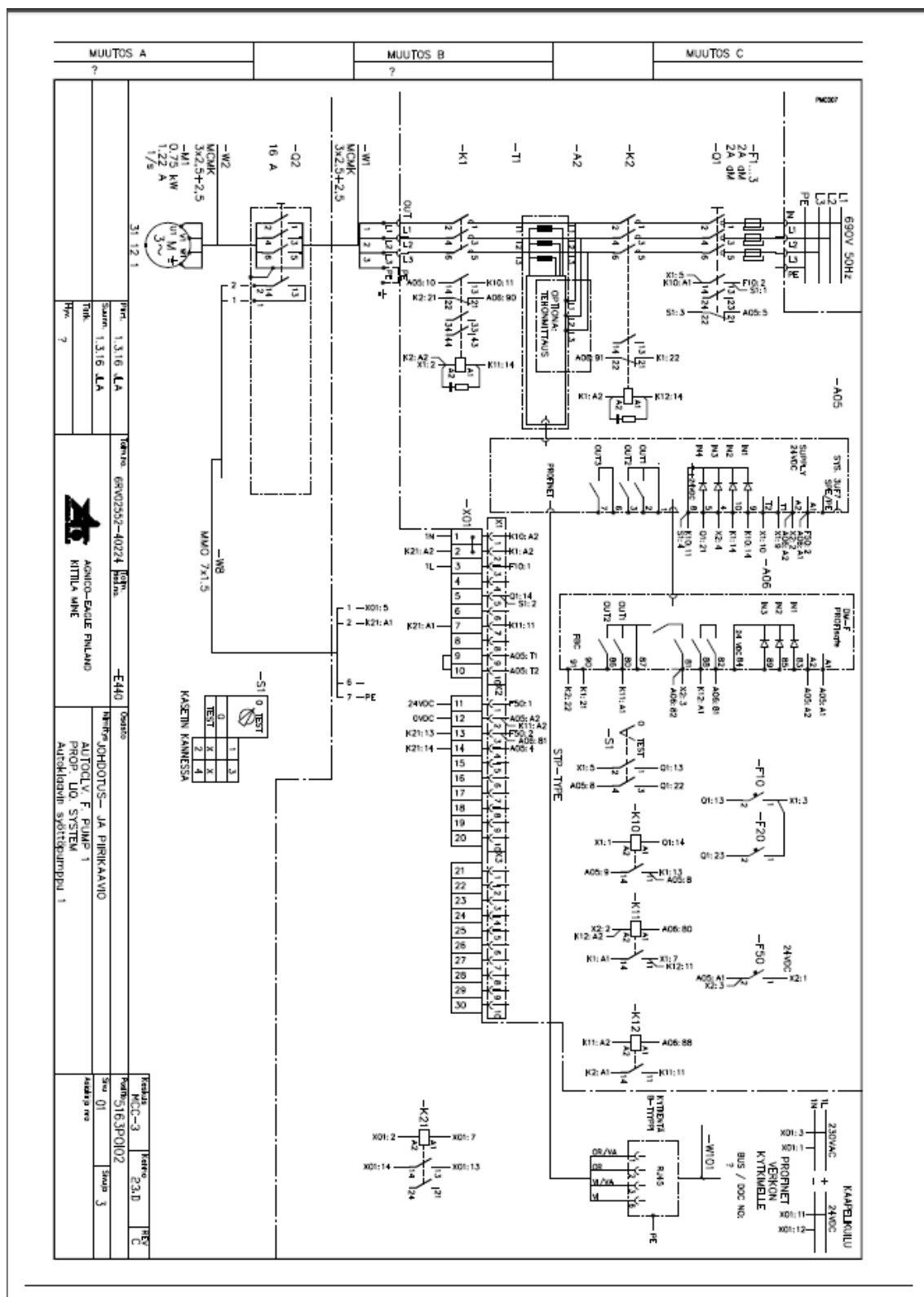
## Pumpun taajuusmuuttajalähtö



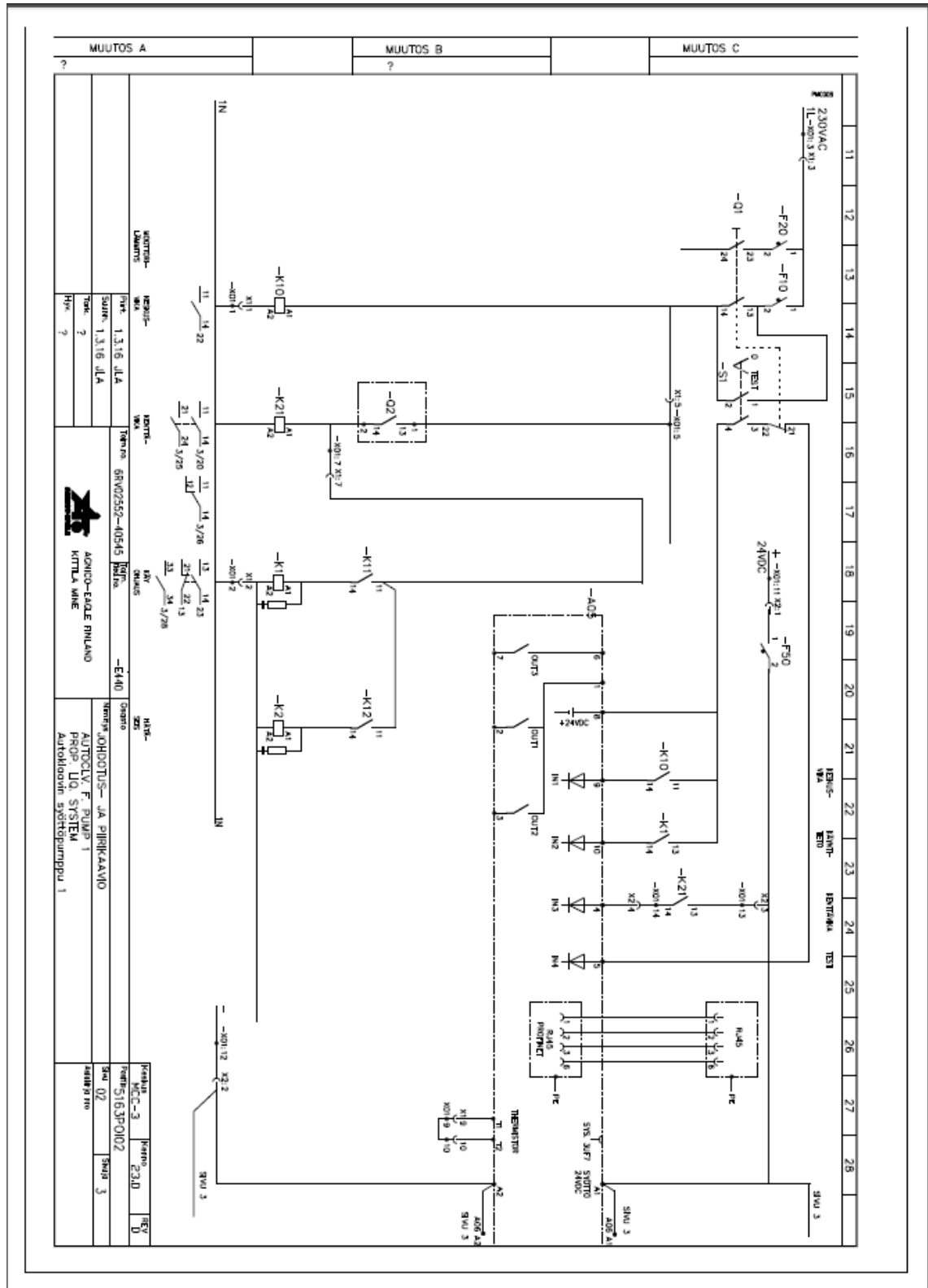
## Pumpun taajuusmuuttajalähtö



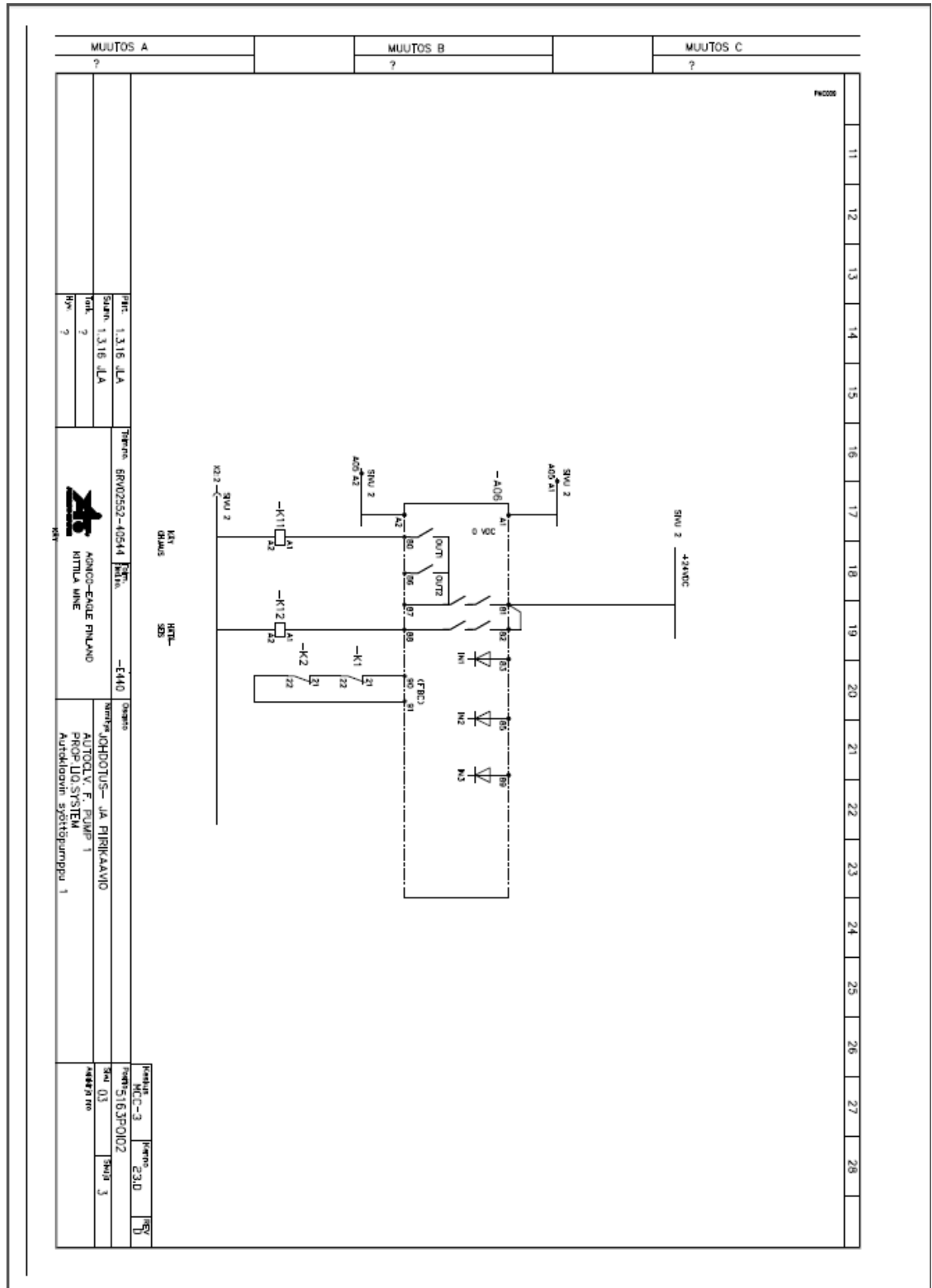
## Potkurinestepumpun lähtö



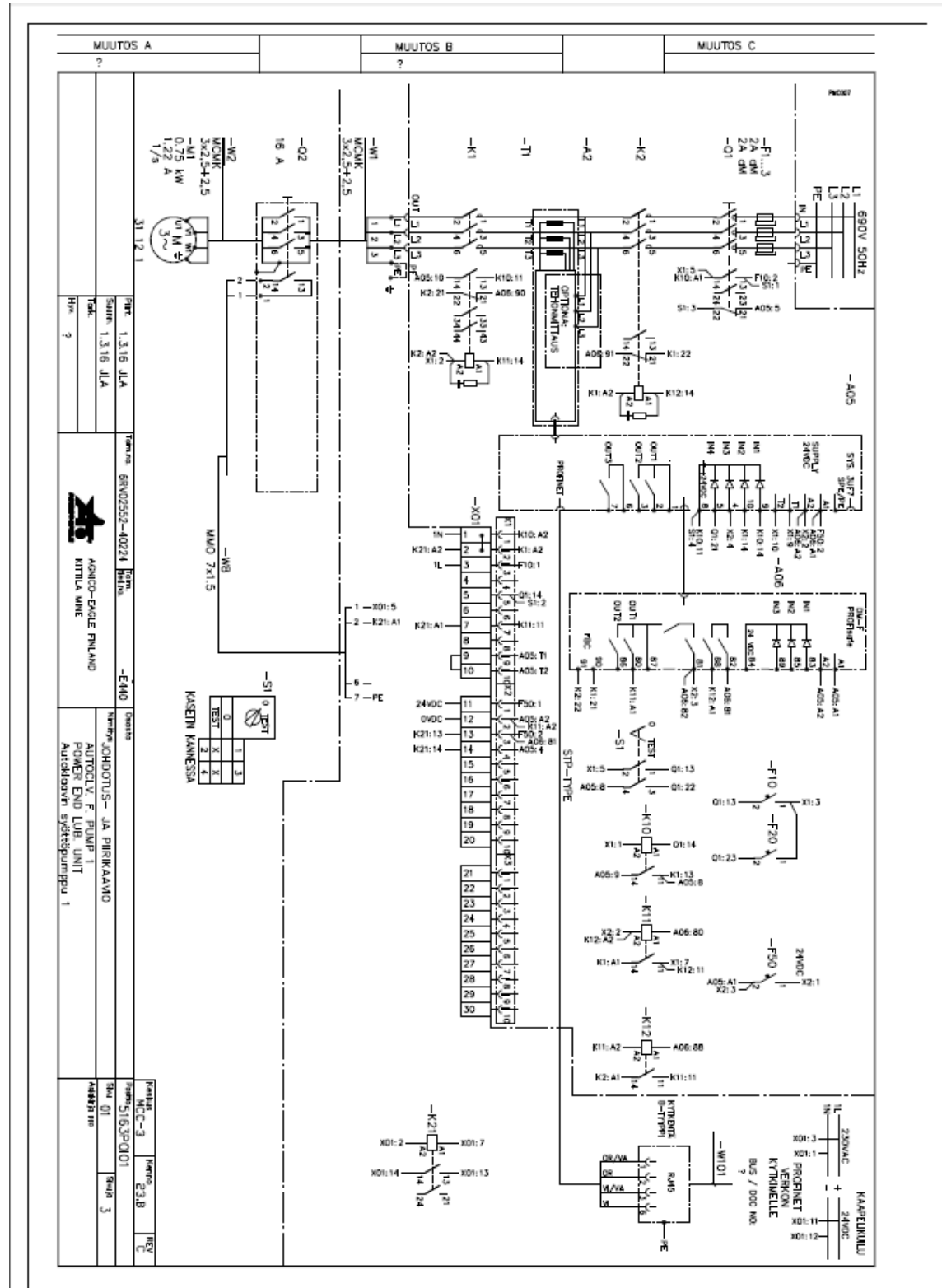
## Potkurinestepumpun lähtö



## Potkurinestepumpun lähtö

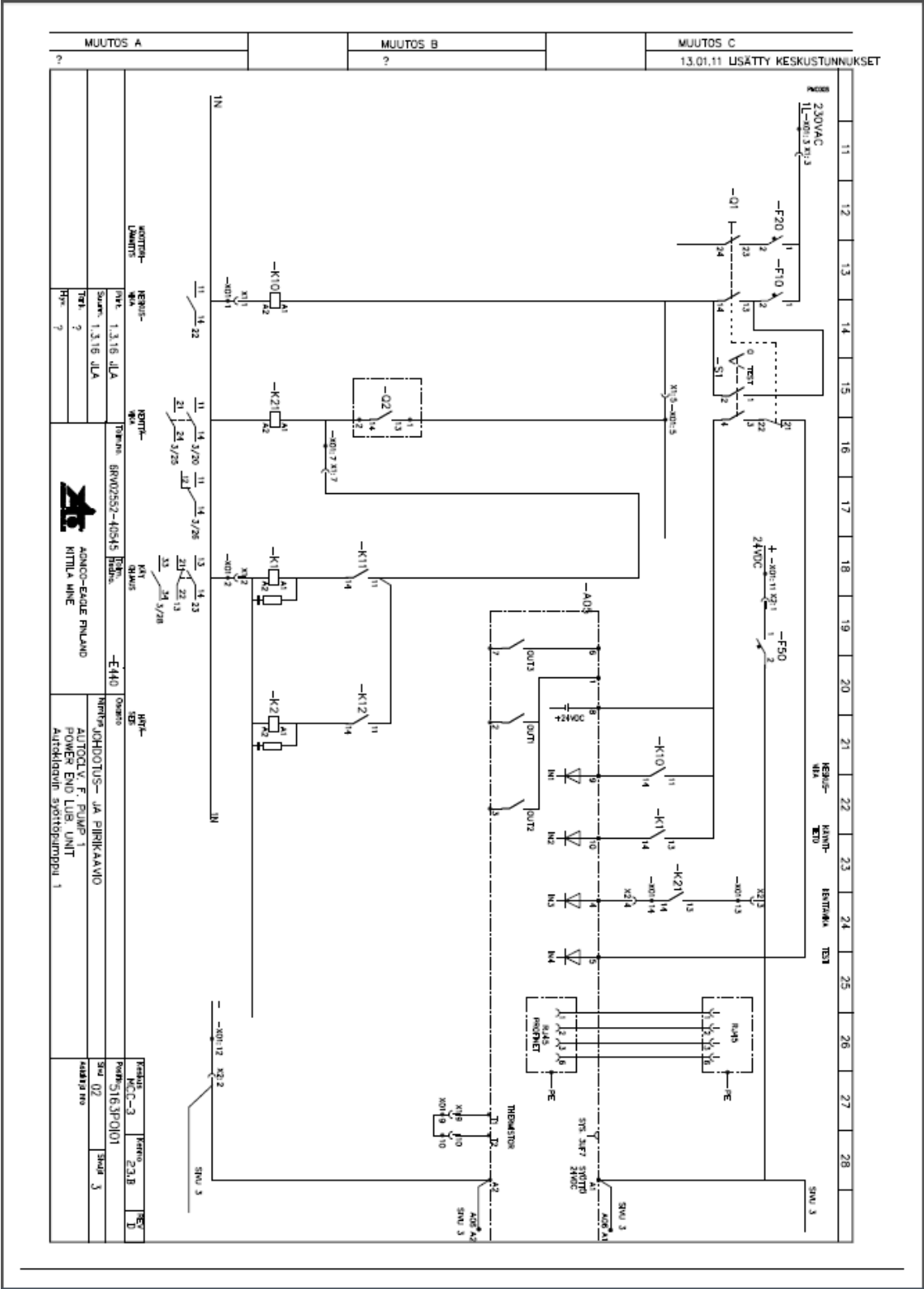


## Voiteluöljypumpun lähtö

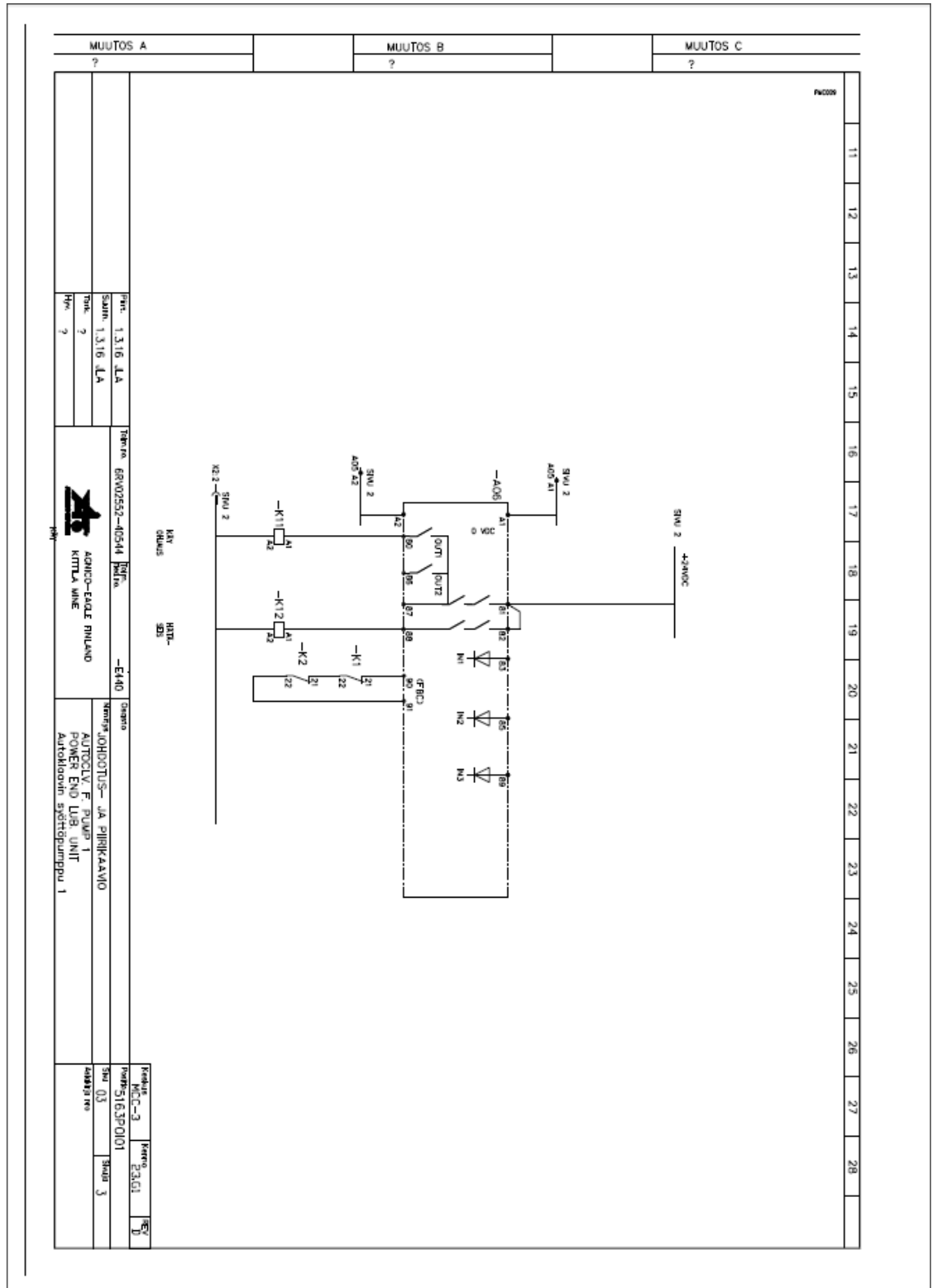




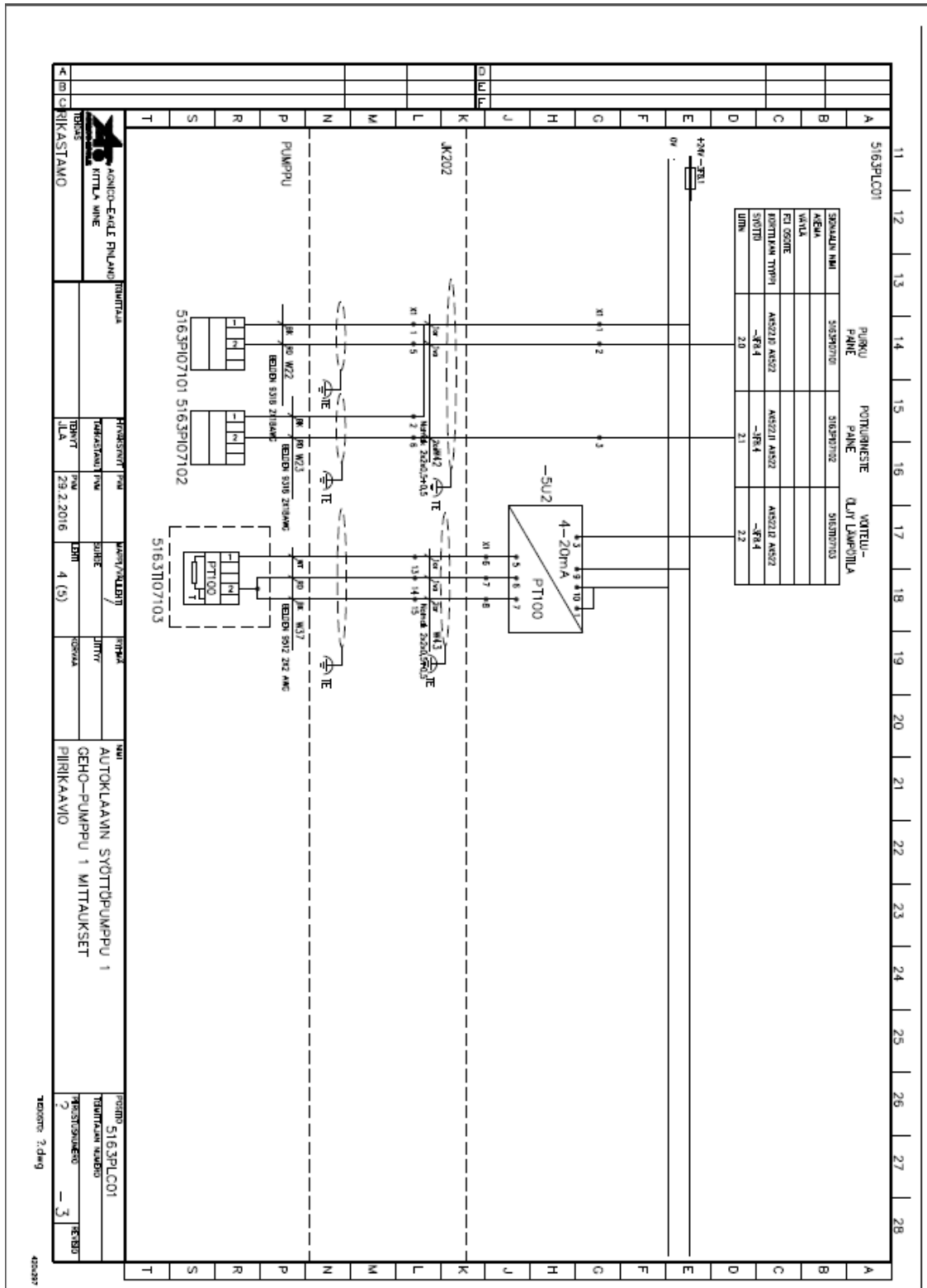
Voiteluöljypumpun lähtö



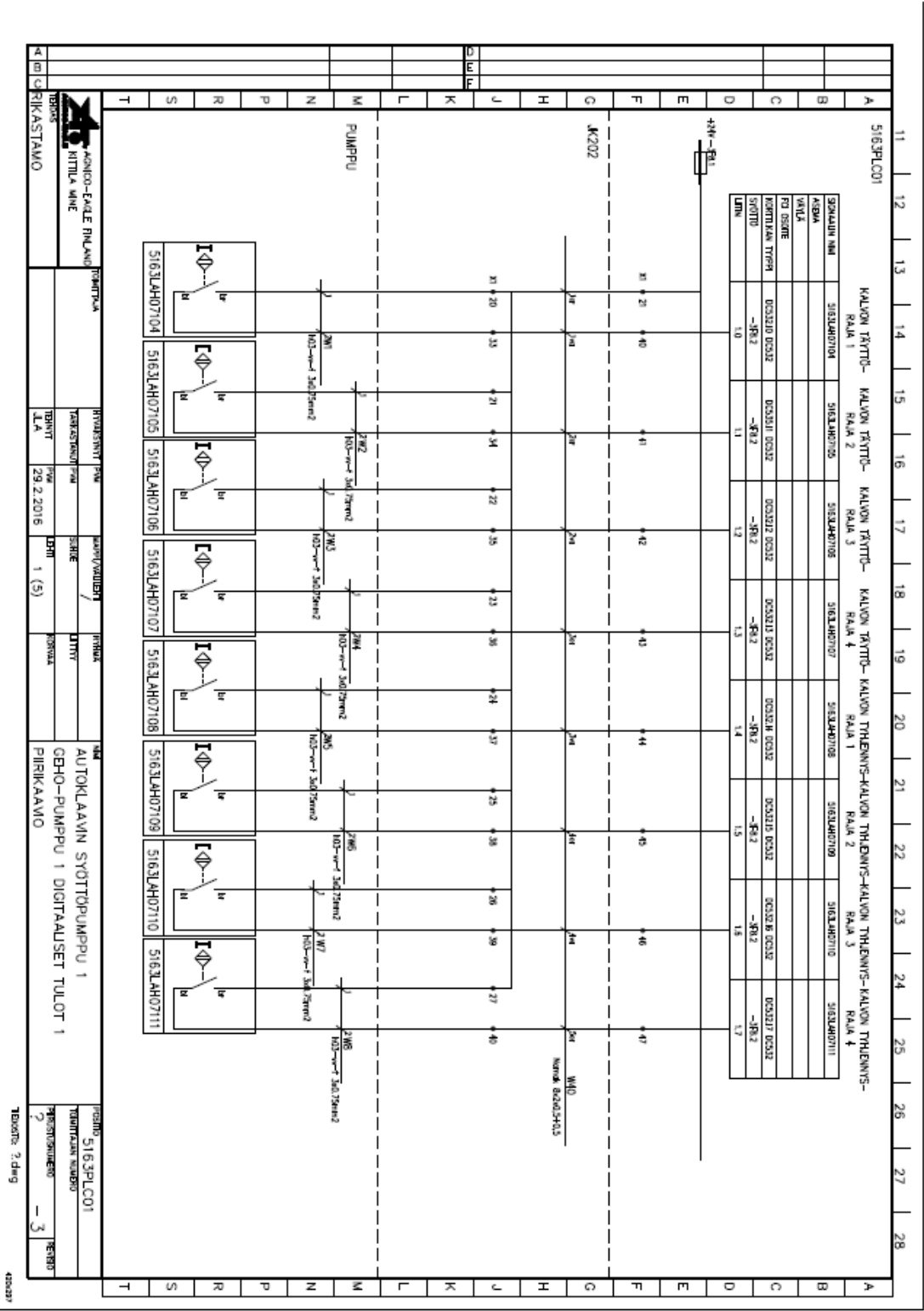
## Voiteluöljypumpun lähtö



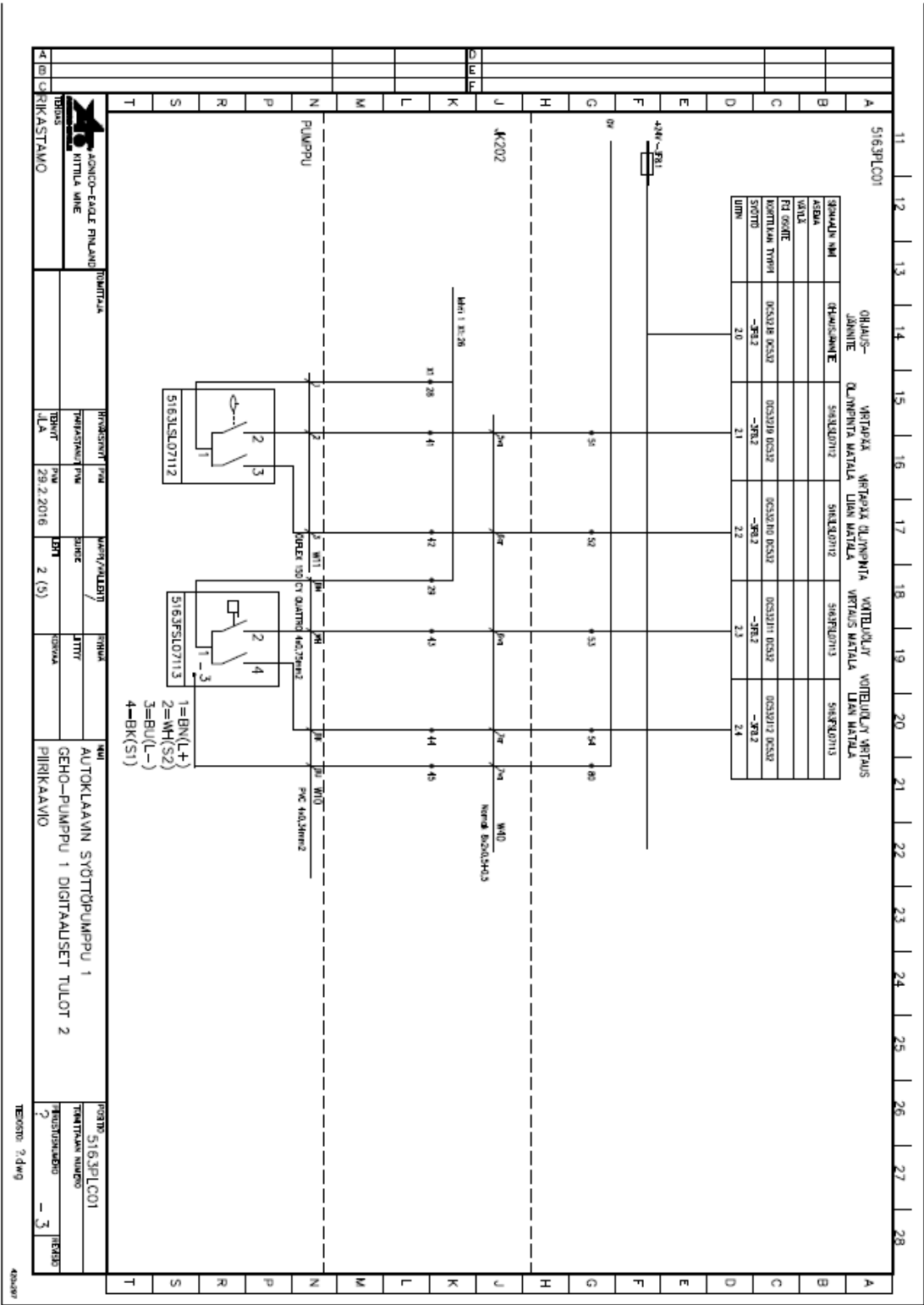
## Analogiset tulot



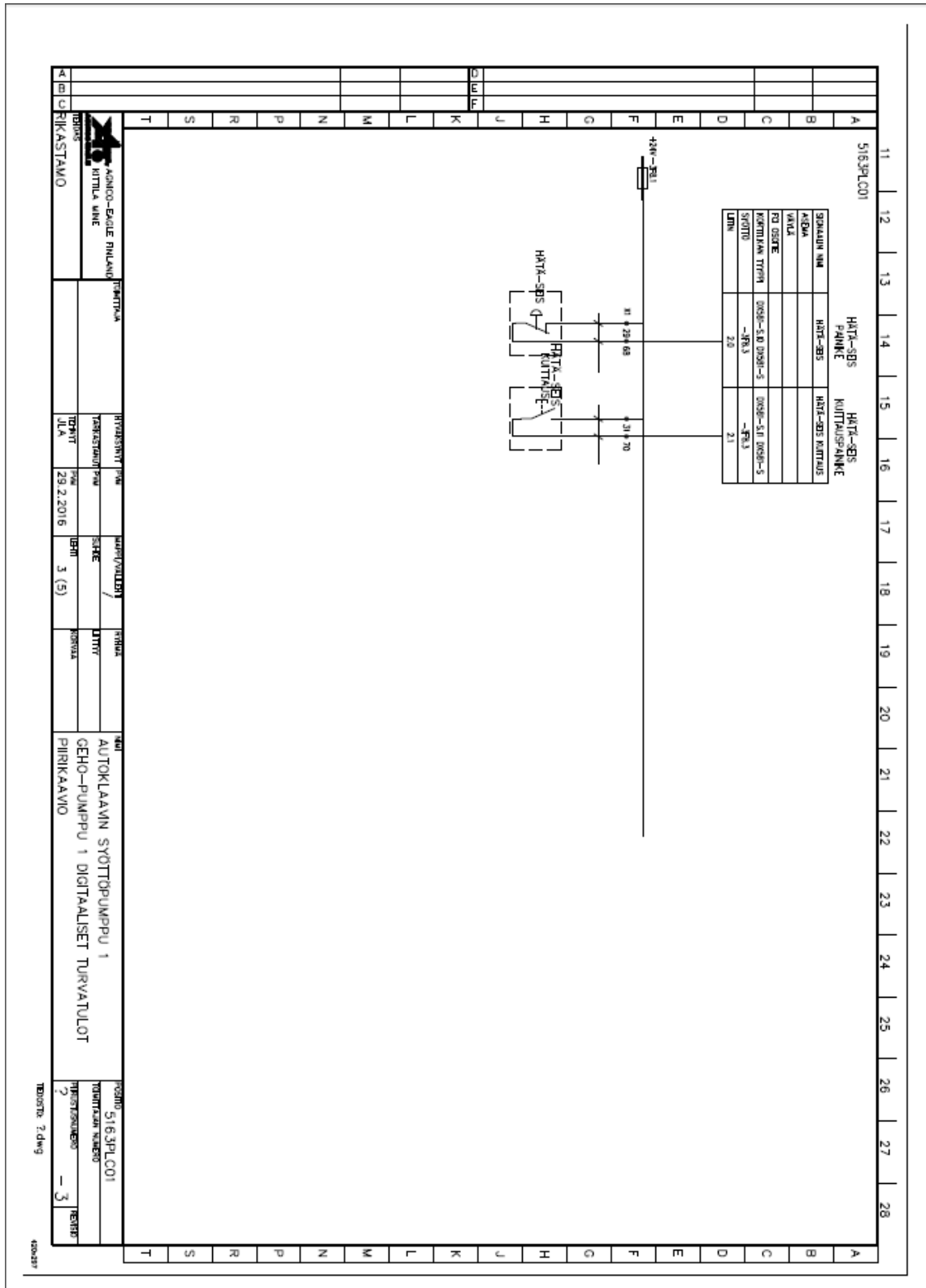
Digitaaliset tulot



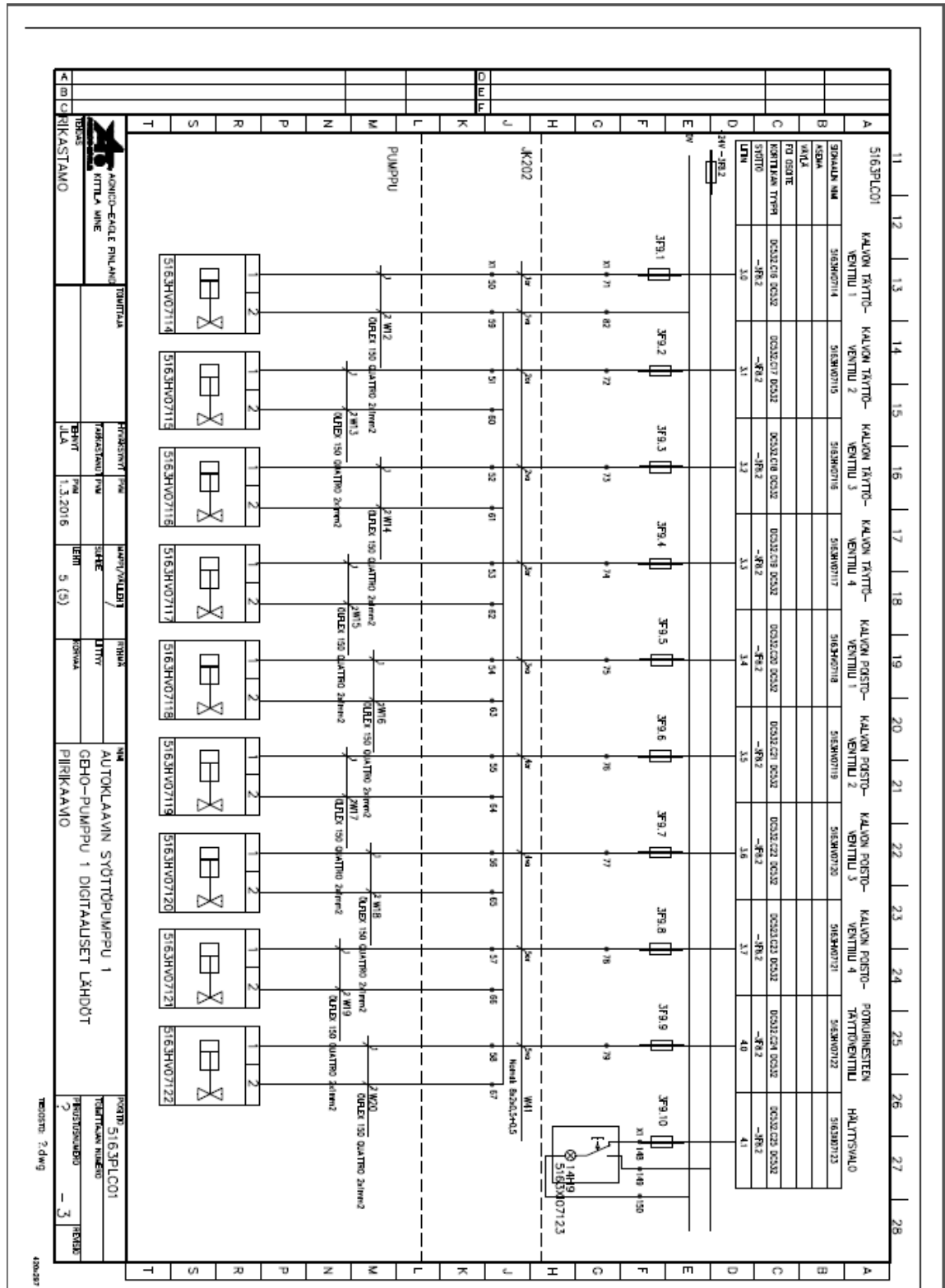
Digitaaliset tulot



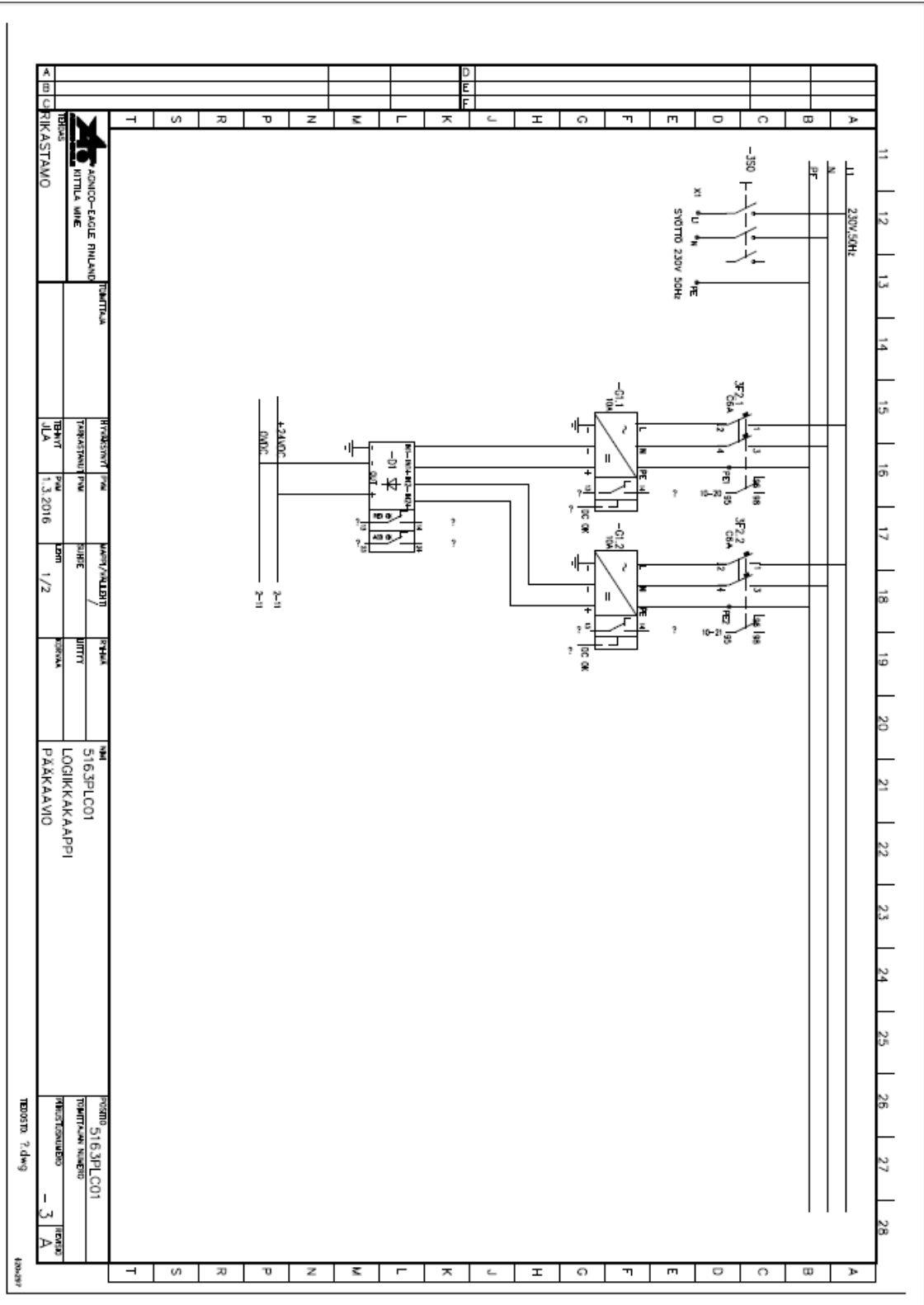
## Digitaaliset turvatulot



## Digitaaliset lähdöt

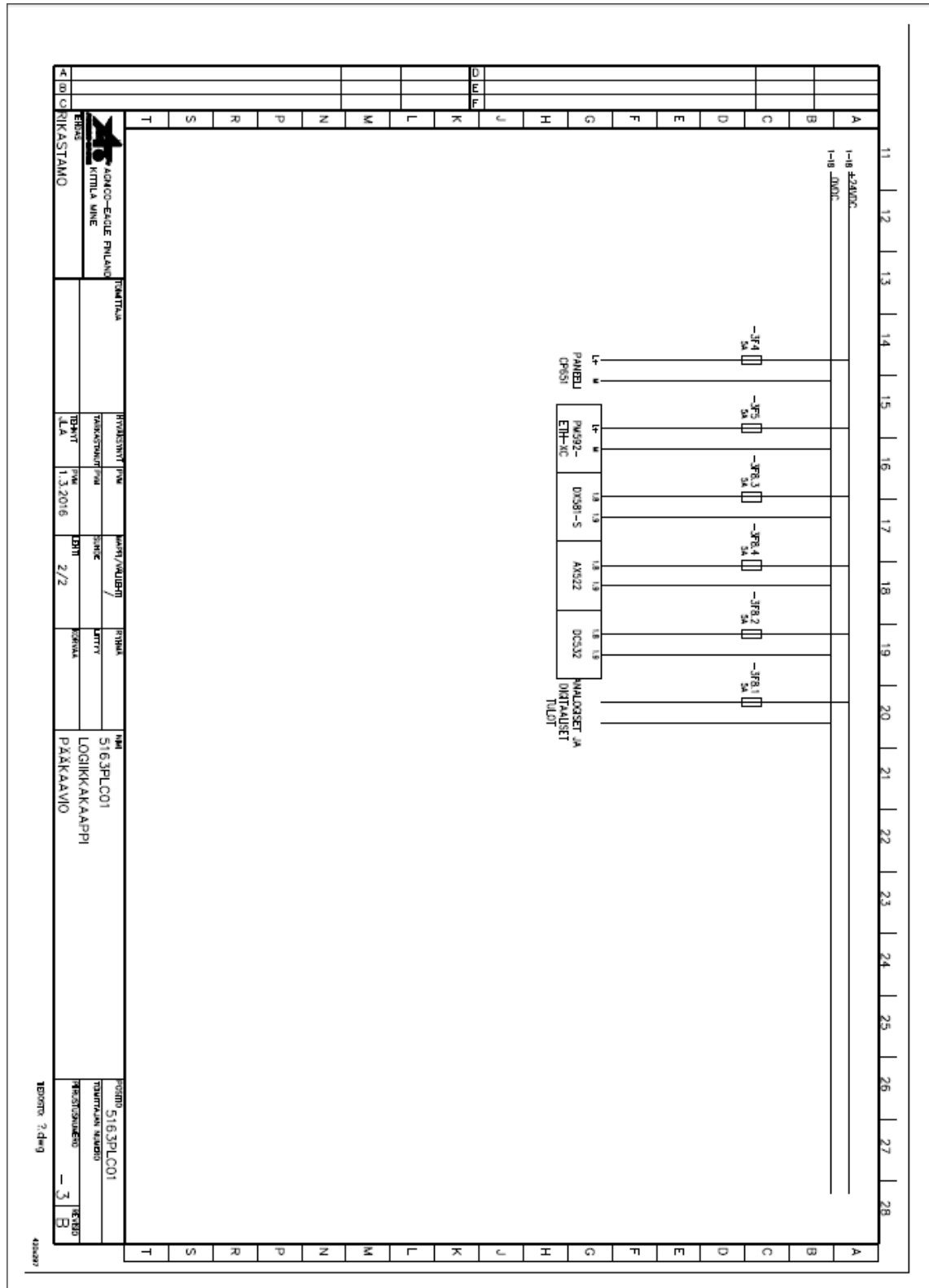


## Logiikkakotelon pääkaavio

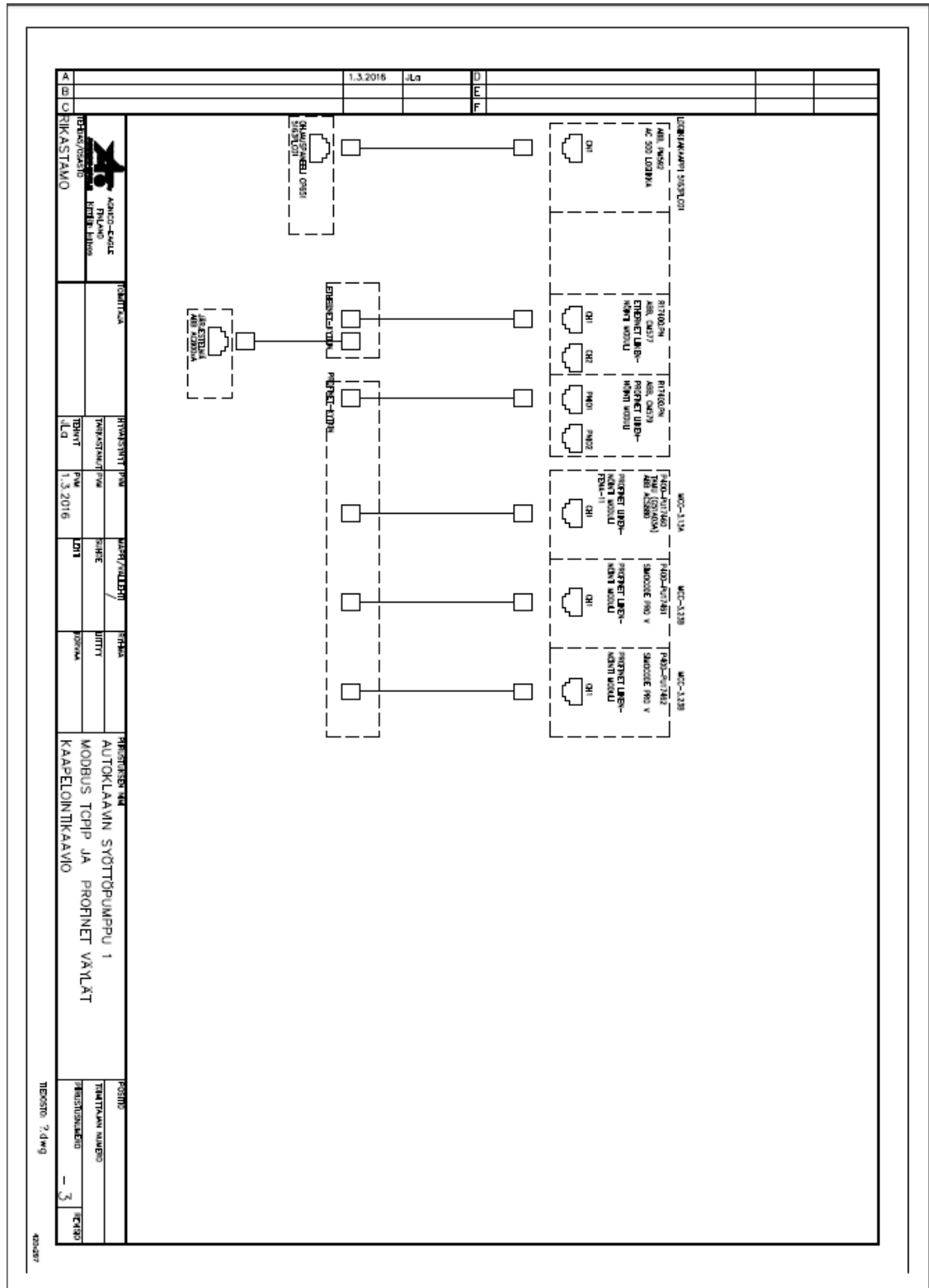




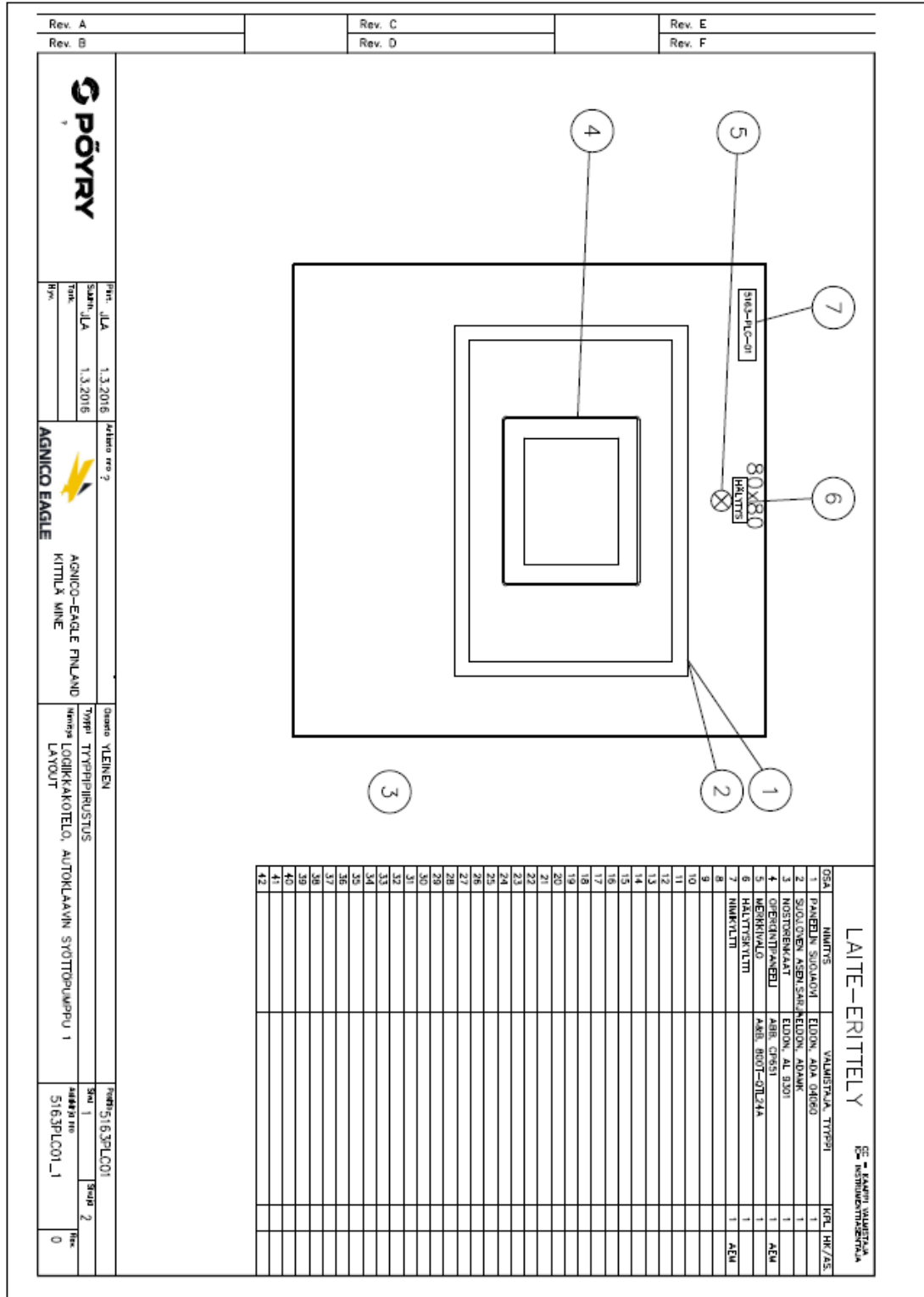
## Logiikkakotelon pääkaavio



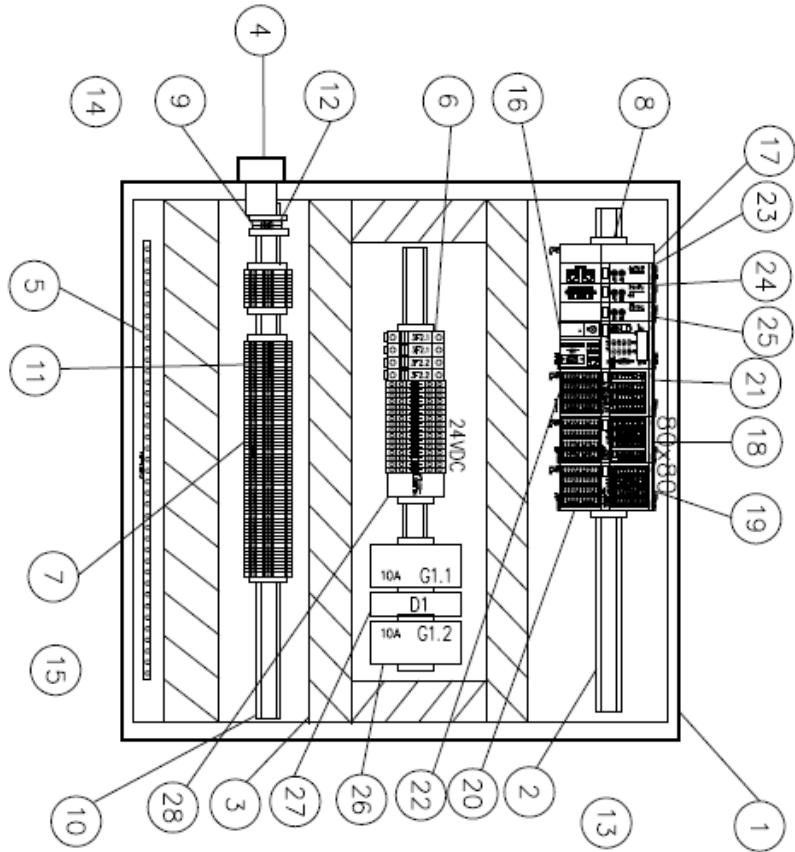
## Väyläkaavio



## Logiikkakotelo layout

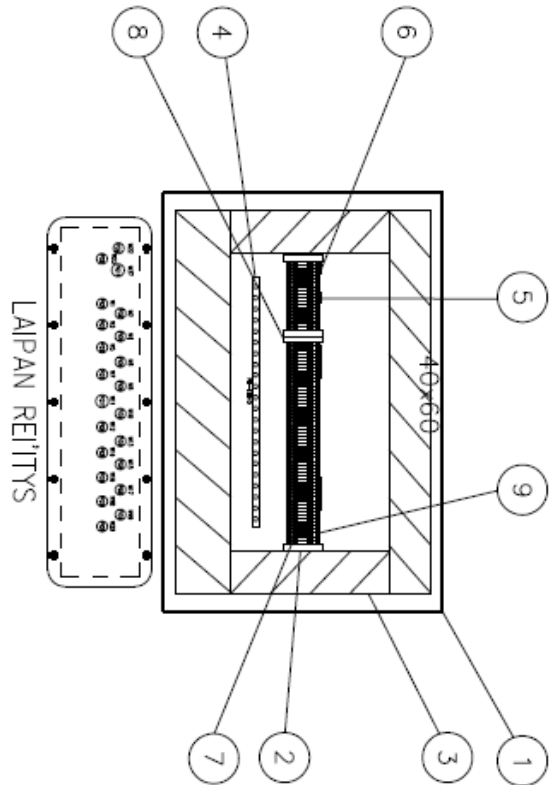


## Logiikkakotelo layout



OSA	NIMI/T	VALMISTAJA, TYYPPI	MÖL	IKK./A.S.
1	KOTILO	ELDON, MASOORIOJOS P86	1	
2	AESUNUSIKO	DMX5		LEM
3	KAAVELIKOULU	60x60, 60x60		
4	PAALATIN	MOBLEN, TO-2-1/EA/SVB-SW	1	
5	PE-MISO			
6	JOHONSON,OLIMATIK	ABR, SCOP-K-414	1	LEM
7	KANSEKROSORILUHTI	PHECNIK, UNIB3	75	
8	PATYUNISTIN	PHECNIK, UNIB3	12	LEM
9	RIKILIN	PHECNIK, UNK 5 N	4	
10	KIRKON MUKE	PHECNIK, 60/75	2	
11	THISTATIMISO	PHECNIK, FARM 10-SN	13	
12	PATYALEY	PHEDAN, D-UK 4/10	1	
13	SILAJEENILUHTI	PHECNIK, UNK 5-HEEN	16	LEM
14	PAATYLEY	PHEDAN, D-UNIB3/5	1	
15	PATYALEY	PHECNIK, D-UNIB3/5	2	LEM
16	PROSEKON	ABR, PA052-ETH-XC	1	LEM
17	POH-ALEY	ABR, TIES4-ETH-XC	1	LEM
18	BAU-BAD-KOHTIM	ABR, A0523-XC	1	LEM
19	1601/BEC-KOHTIM	ABR, D0533-XC 2X KAAVAA	2	LEM
20	KOHTIMONIA	ABR, T1516-XC	2	LEM
21	KOHTIMONIA	ABR, D0581-S-XC	1	LEM
22	TURVAKOHTIMONIA	ABR, T1502-S-XC	1	LEM
23	ETHENET-MOHTU	ABR, PA052-ETH-XC	1	LEM
24	PHECNET-MOHTU	ABR, C0576-PNO-XC	1	LEM
25	PANSEET-ABOULU	ABR, SW400-XC	1	LEM
26	UNITSATILARE	PHECNIK, OINT-05/14C/245C/10	2	LEM
27	BIODIETIA	PHEDAN CONTRACT, OINT ORING 2x10	1	LEM
28	PTIO-LAETIN			
29	HELOPHIA (LAETIN)	RELECO, 53-B-GUUS		
30	PIKKE-DOON (LAETIN)	RELECO, 70072	1	
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				

## Jatkokotelo layout



ОБЪЕКТ		НАИМЕНОВАНИЕ		КОЛ-ВО	
№	НАИМЕНОВАНИЕ	ЕД. ИЗМ.	КОЛ-ВО	ЕД. ИЗМ.	КОЛ-ВО
1	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
2	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
3	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
4	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
5	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
6	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
7	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
8	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
9	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
10	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
11	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
12	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
13	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
14	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
15	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
16	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
17	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
18	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
19	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
20	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
21	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
22	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
23	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
24	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
25	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
26	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
27	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
28	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
29	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
30	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
31	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
32	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
33	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
34	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
35	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
36	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
37	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
38	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
39	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
40	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
41	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1
42	АБОНЕНТ	ЧЛЕН	1	ЧЛЕН	1